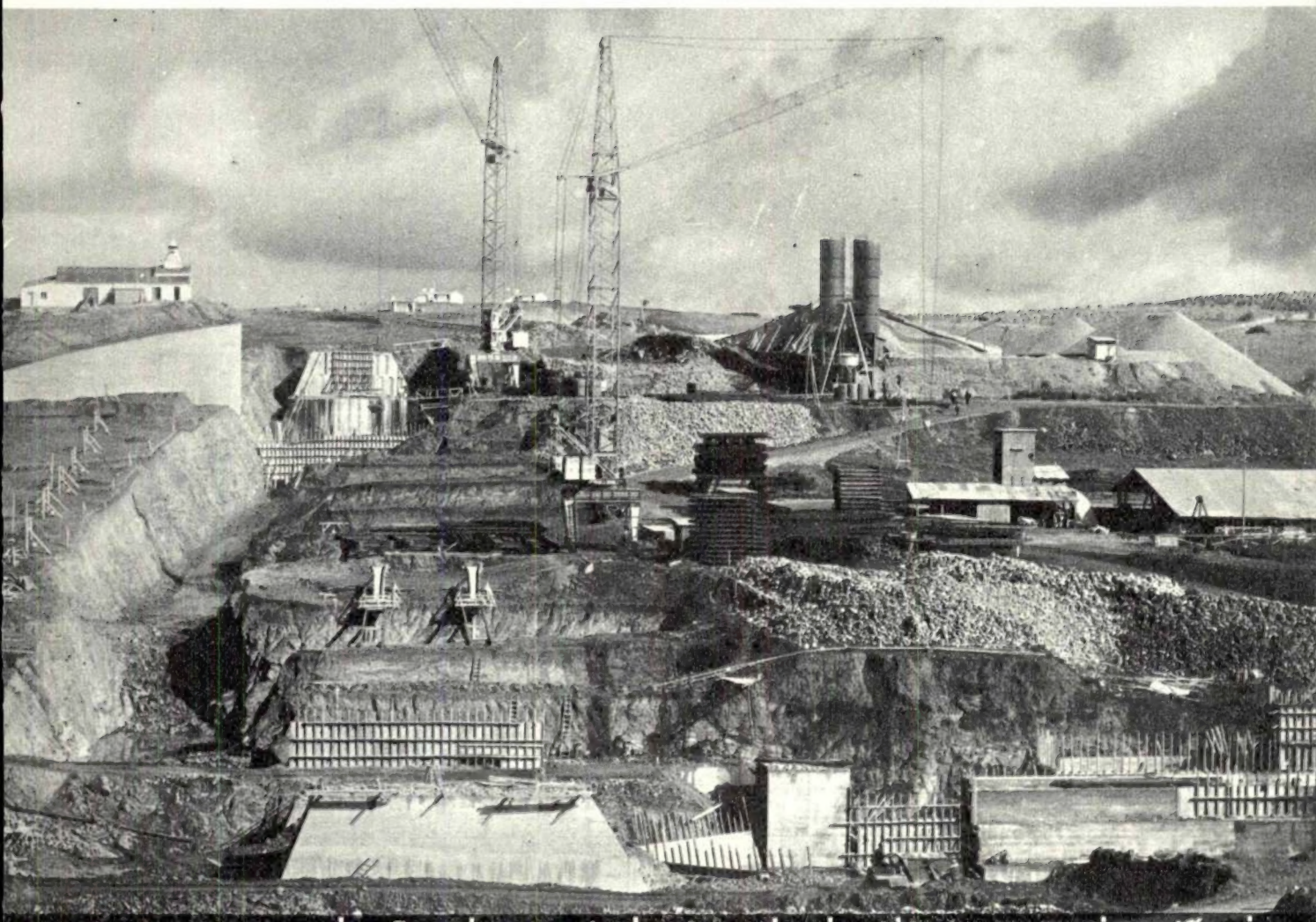
técnica



143

associação dos estudantes do instituto superior técnico

dezembro 1964

revista de engenharia

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão – Setúbal

Telef. 228824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 328201/2/3

confiança para
a construção com

materiais novobra

EM BETÃO PRÉ-ESFORÇADO

pavimentos
coberturas
vigas de grande vão
asnas
perfis

SOCIEDADE DE PRÉ-FABRICAÇÃO E OBRAS GERAIS, NOVOBRA, LDA.
AV. EST. UNIDOS DA AMÉRICA, 100, 5.º D. - TEL. 774832/766446 - LISBOA-5

A FORJAL tem por objecto o exercício especializado da indústria de FORJAMENTO em SÉRIE, em instalações modernamente equipadas, capazes de satisfazer a crescente procura de PEÇAS e COMPONENTES FORJADOS para:

- máquinas motrizes, máquinas operatórias, máquinas ferramentas,...;
- automóveis, camiões, tractores e outros veículos;
- ascensores, monta-cargas e aparelhagem de movimentação;
- material de caminho de ferro;
- motores, redutores e outra aparelhagem de accionamento;
- máquinas de costura, de escrever, de calcular, de contabilizar, registadoras,...;
- ferramentas e utensílios;
- acessórios para canalizações;
- ferragens para linhas de alta tensão;
- correntes e cadeias;
- aprestos marítimos e construção naval;
- enfim, a mais diversa aparelhagem mecânica e eléctrica.

forjal – CONSÓRCIO PORTUGUÊS DE FORJAGEM, LDA.

RUA DO CAMPO ALEGRE, 606-1.º • PORTO
TELEG. FORJAL-PORTO / TELEF. 65837

F2

técnica

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * TELEF. 77 54 49 * LISBOA - 1

— DIRECTOR
J. F. GOMES DE PINA

— ADMINISTRADORES
J.F.CAETANO GONÇALVES
ASSIS F. MARTINS

— SECRETARIO
J. G. NUNES FERREIRA

— REDACTORES
HELENA ALVES
BARBOSA COLEN
GIRÃO PINA
COSTA MONTEIRO

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS EST. DO IST

PUBLICAÇÃO PERIÓDICA
MENSAL

ANO XXXVIII N.º 343
DEZEMBRO DE 1964

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	37$50	60$00	110$00
Ultramar Português e Espanha	—	85$00	120$00
Estrangeiro	—	70$00	130$00

NUMERO AVULSO 15$00

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — **Barragem do Caia — Desenvolvimento dos trabalhos na margem direita — SOMEC**

Págs.

Pesquisa de águas pelo método da resistividade eléctrica. Possibilidades e limitações
Por J. M. Ressurreição Neto 143

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional** 168

Regulação sintética da produção num estaleiro naval
Por Caetano Carreira 169

Dois calculadores analógicos de engrenagens
Por Carlos Portela 187

Influência da temperatura no envelhecimento de materiais
Por Henrique Telles Antunes 197

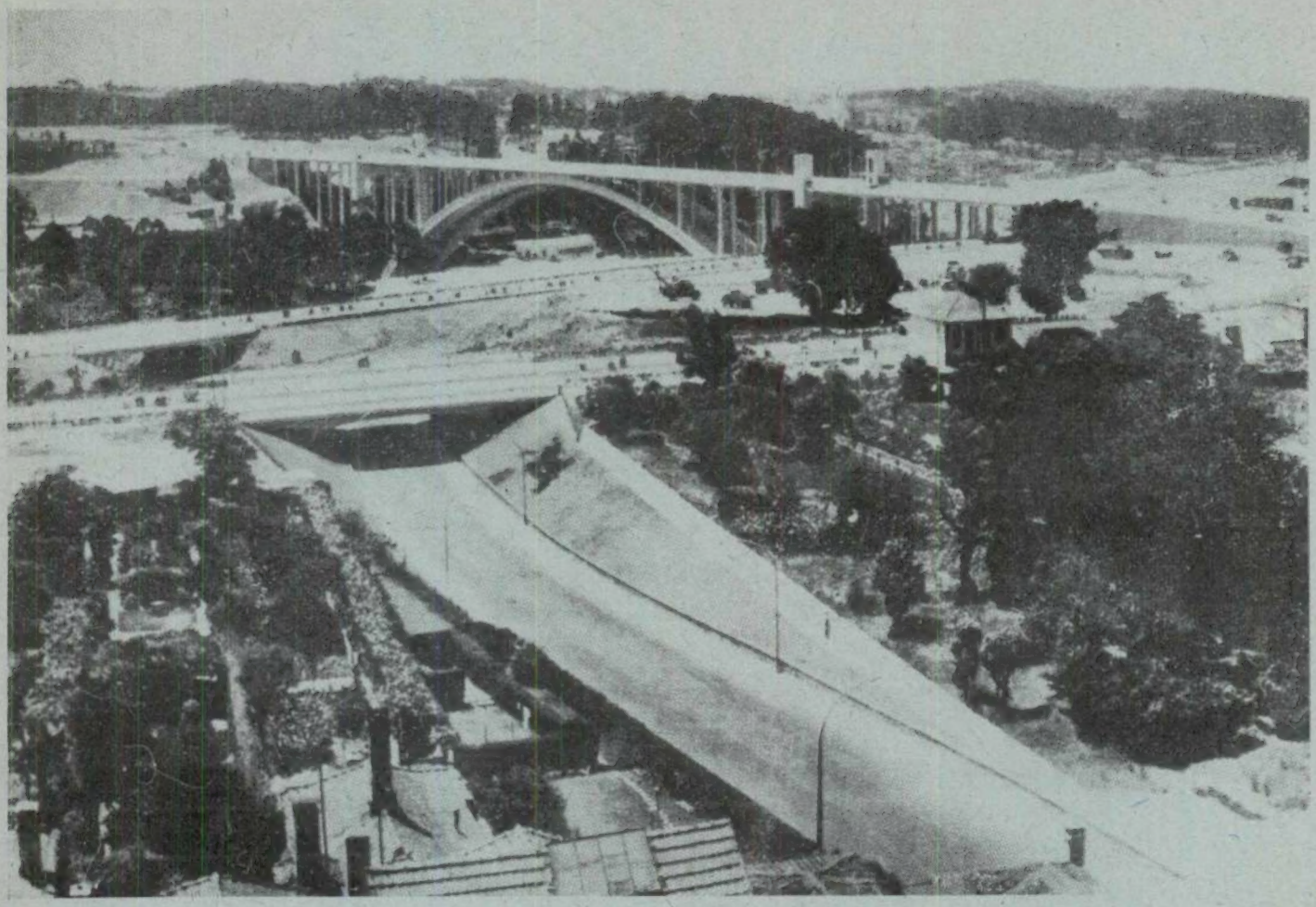
Do Mundo Técnico 205

Biblioteca 213

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

	Pág.
A	
Aguiar & Melo, Lda.	XXXVIII
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd.	XXXVII
Asea Eléctrica Ld.ª	XX
B	
B. P.	XXXI
C	
CIDEX	IV
CIDLA	XXIII
Cimento Secil	2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos	VIII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos	XXXIX
Companhia Portuguesa de Trefilaria	XXIV
Companhia União Fabril	XIV
C. Santos, Ltd.ª	VI e XLIV
Construções Técnicas	XXIX
D	
Du Point	XLV
E	
EFACEC	XXIV
Electrotécnicos Reunidos	XXVIII
Electro-Arco, Ltd.ª	IV
Empresa de Cimentos de Leiria	XLIX
Empresa Electro Cerâmica	XLI
Empresa de Produtos Asfálticos	X
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª	3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos	XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações	XXX
F	
Faber-Castel	XX
Fábrica Portugal	II
Fanafel	XVI
Forjal	2.ª da capa
Fundações Franki, Lda.	I
G	
George Fischer	XXXIII
Guedes & Almeida, Lda.	XLI
H	
Hidrel	XX
Harker Sumner & C.ª, Ltd.	XLVIII
I	
I. C. I.	XXXVI
Impermeábilis	XXX
I. S. T.	L
Isolux, Lda.	XLVI
J	
Jayme da Costa, Lda	XIX
Johann Keller	XXXIV
Jorge Gonçalves	IX
M	
MAGUE	XIII
Metalúrgica Duarte Ferreira	XXVI
Metrimpex	XLIII
Monteiro Gomes, Lda.	XLII
N	
Novobra, Lda.	2.ª da capa
O	
Orlando Fernandes	XVI
P	
Papelaria Fernandes	XLVII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª	III
Q	
Quimicor, S.A.R.L.	XXV
Romar	XVIII
S	
SMEIA	XV
Sociedade de Electricidade Brown Boveri	4.ª da capa
Soc. Michaelis de Vasconcelos	XII
Soc Const. Amadeu Gaudêncio	XXXV
Sociedade Industrial Metalúrgica	XXXV
Sociedade Portuguesa Cavan	VIII
SOMEC	XLII
Solari	XXX
Sondagens e Fundações, A Cavaco	IV
Sondagens Ródio, Ltd.ª	XXXV
Sorval	XXXIV
Sotécnica	L
Standard Eléctrica	VII
S. T. E. T.	XXI
T	
Telemec	XLVI
Trelleborgs Gumifabrik	XXVII
V	
Vasco Pessoa, Lda.	XX
Von Roll	V
W	
Wild Portugal, Lda.	XVII
W. Schmidt	XLI



Ponte da Arrábida — PORTO

Vista parcial dos acessos da Ponte da Arrabida assentes sobre

ESTACAS FRANKI

FUNDAÇÕES FRANKI, L.DA

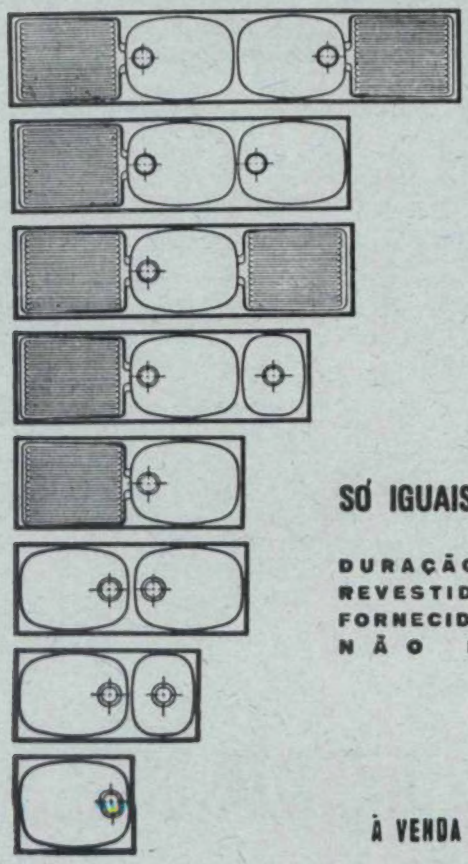
Rua Braamcamp, 13, 3.º — Lisboa — Tel. PPC 73 41 12 — End. Tel. FRANKI

USE NA SUA COZINHA UM ELEGANTE LAVA-LOUÇAS DE AÇO INOXIDÁVEL

CONCEBIDO PELA

FABRICA PORTUGAL

PARA MODERNIZAR OS LARES DE PORTUGAL



APRESENTADOS EM

8 MODELOS

"STANDARD"

EXECUTAM-SE FORA DE SÉRIE, MODELOS ESPECIAIS PARA GRANDES INSTALAÇÕES

SÓ IGUAIS AOS MELHORES ESTRANGEIROS

DURAÇÃO ILIMITADA · HIGIÉNICOS
REVESTIDOS DE ISOLAMENTO ESPECIAL
FORNECIDOS COM SIFÃO DE SEGURANÇA
NÃO PARTEM A LOUÇA

À VENDA NAS BOAS CASAS DA ESPECIALIDADE

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

QUASE 40 ANOS
AO SERVIÇO DA
ENGENHARIA PORTUGUESA

GRANDE SORTIDO
DE INSTRUMENTOS DE
PRECISÃO, CIENTÍFICOS
E INDUSTRIAIS

RUA JARDIM DO REGEDOR, 24, 2.°
LISBOA
TELEF.: 32 43 14 — 32 42 48 ✦ TELEG.: TECNA

Bombas centrífugas «PACIFIC»

Construídas por

Batignolles - Chatillon

Especialmente destinadas para:

— Petróleos
— Indústrias químicas
— Construções navais
— Centrais eléctricas
— Alimentação de caldeiras
— Etc., etc.

Sob as condições de funcionamento seguintes:

— Débitos: 1 m³/h a 10.000 m³/h
— Pressões: altas e baixas
— Temperaturas: −180° C + 500° C
— Líquidos: corrosivos ou não

Para estudos e orçamentos, consultar o representante em Portugal:

CIDEX — Comércio Internacional
e Representações Industriais, Lda.

Av. Casal Ribeiro, 46-2.º/Telef. 73 53 07/LISBOA 1

Pesquisas e captações de água

Sondagens

Rebaixamento de níveis aquíferos

Injecções e consolidações de terrenos

Fundações

Estacas de betão

SONDAGENS E FUNDAÇÕES A. CAVACO, LDA.

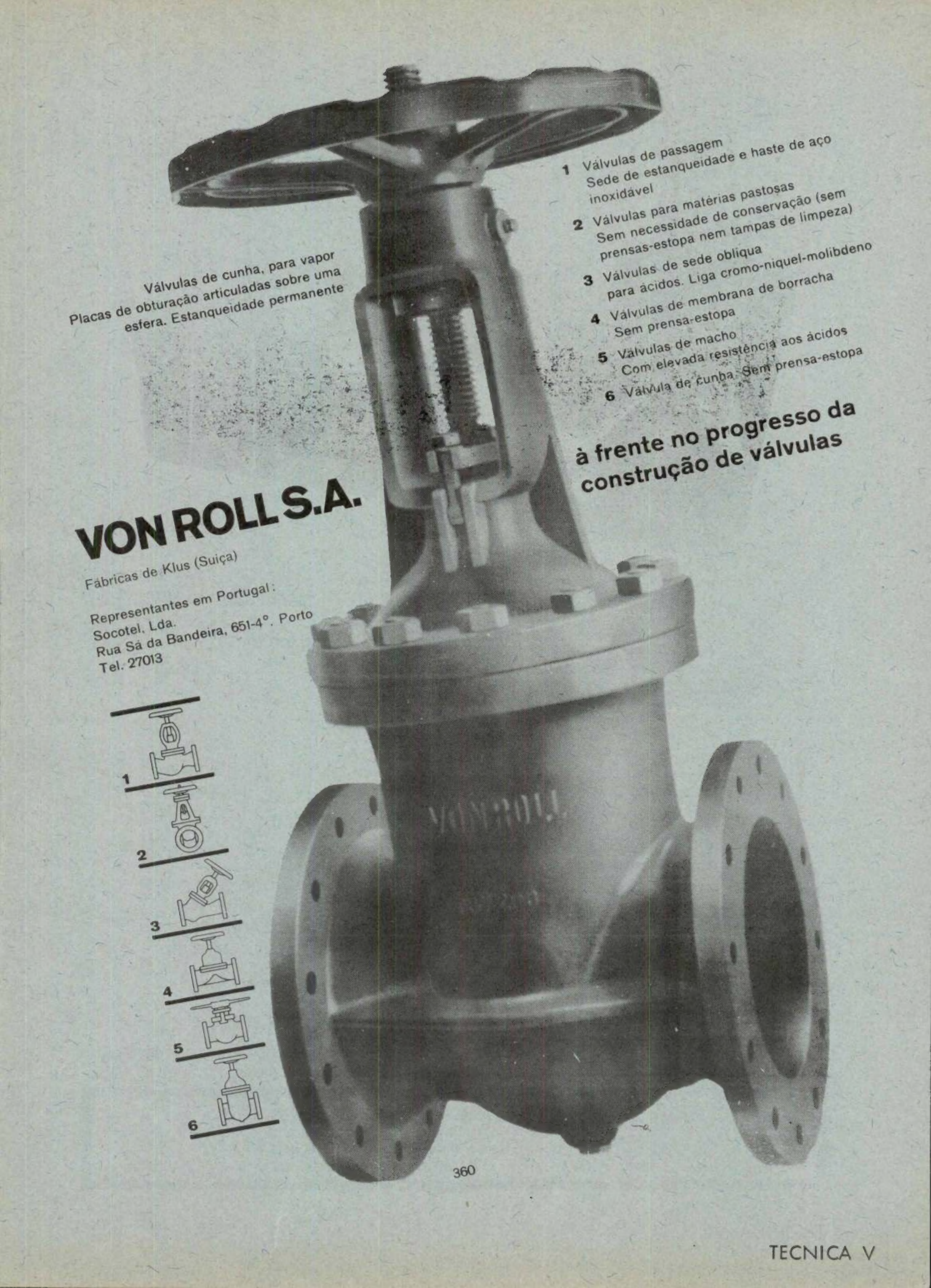
R. RODRIGO DA FONSECA, 62, R/C ESQ. — LISBOA - 1
— TELEF. 73 35 48 - 5 95 62 - 55 36 73

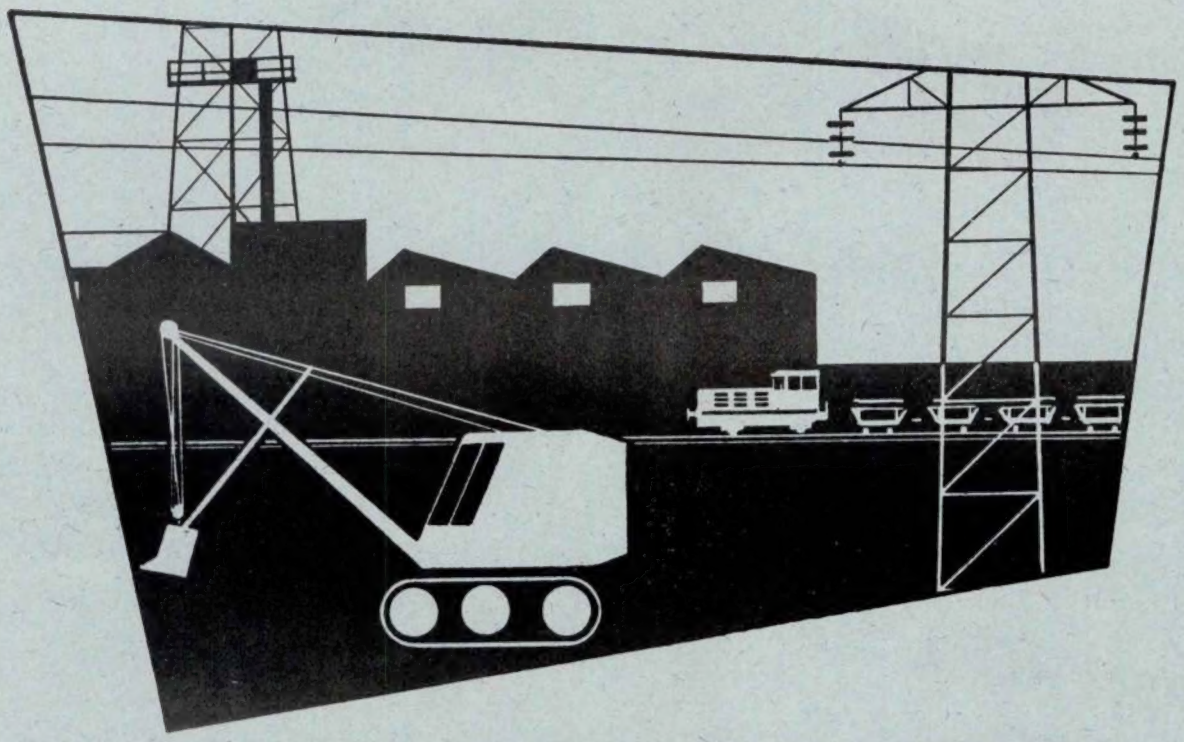
ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277


Válvulas de cunha, para vapor
Placas de obturação articuladas sobre uma esfera. Estanqueidade permanente
1 Válvulas de passagem
Sede de estanqueidade e haste de aço inoxidável
2 Válvulas para matérias pastosas
Sem necessidade de conservação (sem prensas-estopa nem tampas de limpeza)
3 Válvulas de sede oblíqua
para ácidos. Liga cromo-niquel-molibdeno
4 Válvulas de membrana de borracha
Sem prensa-estopa
5 Válvulas de macho
Com elevada resistência aos ácidos
6 Válvula de cunha. Sem prensa-estopa
à frente no progresso da construção de válvulas
VON ROLL S.A.
Fábricas de Klus (Suiça)
Representantes em Portugal:
Socotel, Lda.
Rua Sá da Bandeira, 651-4°. Porto
Tel. 27013
1
2
3
4
5
6
VON ROLL



MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS. ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

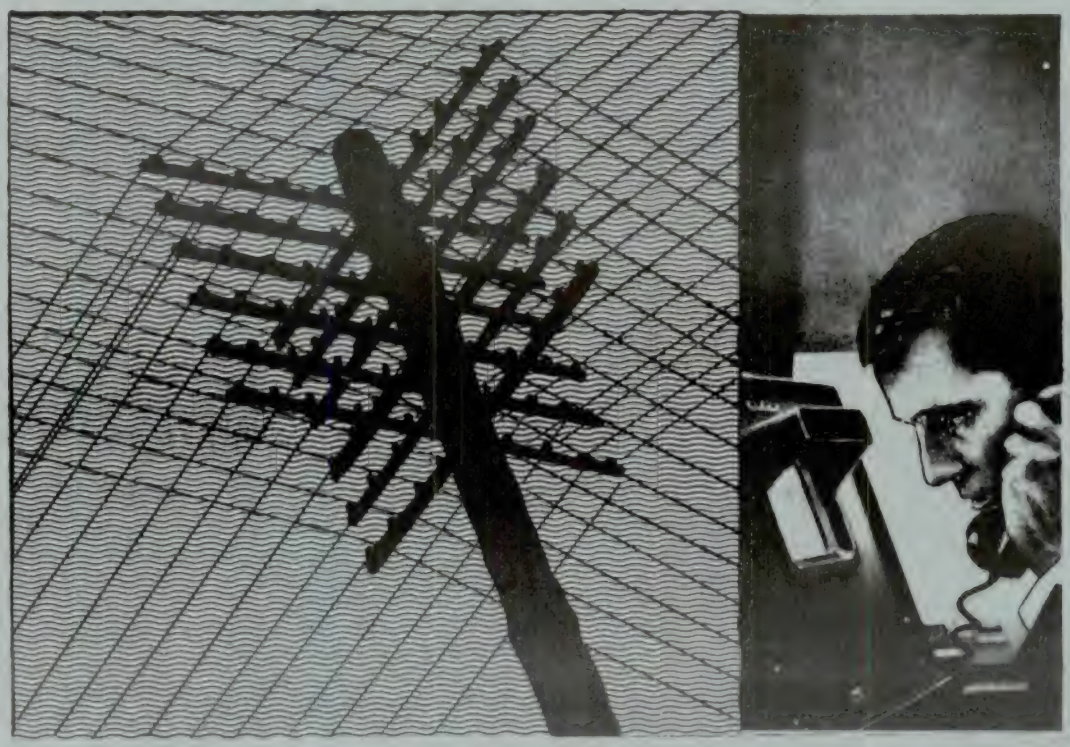
MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS · ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES **C. SANTOS, S. A. R. L.** — DIVISÃO MARÍTIMA E INDUSTRIAL

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO



UM NOVO MEIO DE TRANSMISSÃO DE IMAGEM

Um novo sistema de transmissão de imagem de TV por fios telefónicos foi agora revelado pela ITT (International Telephone and Telegraph Co.). Esta revelação permitirá fotografar electrònicamente qualquer assunto e enviá-lo pelos circuitos telefónicos convencionais.

Os principais trabalhos no campo da televisão foram elaborados e realizados por cientistas da ITT. A primeira emissão regular de TV a partir da Torre Eiffel em 1938 também foi obra da ITT. Grande número de fábricas de aparelhos de TV no mundo pertencem ao grupo ITT.

É mais uma razão a demonstrar que a ITT sendo o maior fabricante de aparelhagem de electrónica e telecomunicações continua a projectar e a investigar para atingir novas realizações.

Em qualquer país, com qualquer outra marca a ITT está presente.

A Standard Eléctrica pertencendo ao grupo da ITT, ocupa o lugar que lhe compete nos meios maravilhosos da electrónica e das telecomunicações.

A **Standard Electrica, S.A.R.L**

É UMA ASSOCIADA DA **ITT**

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 66 61 86 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

✱

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

✱

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A

TELEF. 47812-50129

LISBOA

o novo altifalante

KEF

MERECE SER OUVIDO

KEF **CELESTE** o **pequeno** altifalante para os **grandes** amplificadores

---

REPRESENTANTE

JORGE GONÇALVES

Av. 5 de Outubro, 53-1.º Andar
Tel. 44029-52981 - Lisboa 1

Celulite

ISOLAMENTO TÉRMICO DAS CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS
*
TECTOS
*
PAREDES
*
CÂMARAS FRIGORÍFICAS
*
ISOLAMENTOS INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. • RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.° • TEL. 73 01 56 — LISBOA

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

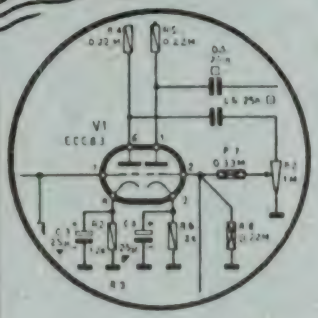
COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA

TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

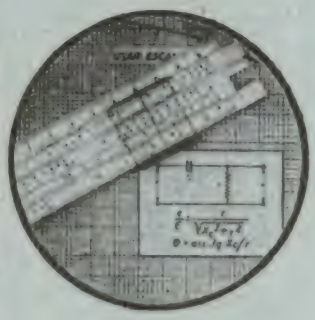
EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
IMPERMEABILISADOR
IMEPA
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.°-LISBOA

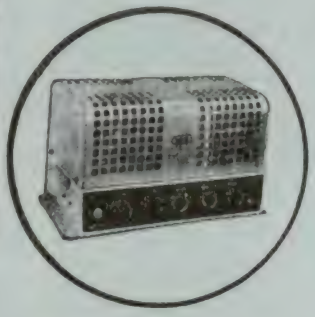
FÁBRICA EM SACAVÉM

EQUIPAMENTO DE AMPLIFICAÇÃO DE LUXO



BEM CONCEBIDO
BEM CALCULADO
CONSTRUIDO





LESA

A grande marca italiana

Representantes em Portugal

TELECTRA

EMPRESA TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S. A. R. L.

Rua Rodrigo da Fonseca, 103, r/c
LISBOA — Tel. 68 60 72

Rua Sá da Bandeira, 766-1.º E.
Tel. 2 48 18 — PORTO

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON

Relés extractíveis

para protecção de instalações eléctricas de todo o género

Outros produtos:

Alternadores
Transformadores
Disjuntores
Quadros de comando
Tracção eléctrica
Rectificadores
Electrolisadores
Electroímãs

Ateliers de Construction Oerlikon
Zurich 50 · Suisse

57832. F

Representantes para Portugal e Ultramar: **Sociedade Michaëlis de Vasconcellos, Lda.**

PORTO — P. da Liberdade, 114, 3.º LISBOA — Av. Marquês de Tomar, 94

técnica

DIRECTOR: J. F. GOMES DE PINA

Ano XXXIX — N.º 343 Dezembro de 1964

C. D. U. 550.837.3:551.48/.49

PESQUISA DE ÁGUAS PELO MÉTODO DA RESISTIVIDADE ELÉCTRICA. POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES

POR J. M. RESSURREIÇÃO NETO
Eng.º Especialista do LNEC

RESUMO

O extraordinário êxito alcançado pelos métodos geofísicos de prospecção, quer na pesquisa de petróleos, quer na localização de importantes jazigos minerais, conduziu a um rápido desenvolvimento de tais técnicas de trabalho, evidenciando ainda as incontestáveis vantagens da sua aplicação no campo da investigação hidrogeológica.

Para satisfazer as contínuas exigências referentes ao abastecimento de água a populações em pleno desenvolvimento, necessidades industriais, irrigação de novas zonas a colonizar, etc., torna-se indispensável a utilização das mais evoluídas técnicas, para que, na resolução dos mais delicados problemas de pesquisa, possam ser obtidas e adoptadas as soluções mais convenientes.

No presente trabalho é feita uma tentativa no sentido de se evidenciarem as possibilidades e limitações do método da resistividade eléctrica, tendo em vista a sua utilização na pesquisa de águas subterrâneas.

Os princípios básicos do método, a sua mais conveniente utilização e alguns exemplos de aplicação prática, constituem o conteúdo da presente publicação.

1 — INTRODUÇÃO. As contínuas exigências no que se refere ao abastecimento de água a populações em pleno desenvolvimento, necessidades industriais, irrigação de novas zonas a colonizar, etc., impõem a utilização de métodos de pesquisa cada vez mais evoluídos, no sentido de se obterem os indispensáveis caudais dentro de um critério econòmicamente aceitável.

Os tradicionais métodos de pesquisa de águas subterrâneas, baseados em simples reconhecimentos geológicos superficiais, acompanhados de alguns ensaios de perfuração mecânica, com os quais se obteve todo o sucesso do passado, estão cedendo lugar às modernas técnicas de prospecção geofísica, especialmente no que se refere ao método da resistividade eléctrica. Tal situação resultou de um progressivo aperfeiçoamento das técnicas e dos equipamentos de medida, sob uma forte pressão económica, orientada no sentido de localizar, a todo o custo, novas fontes de petróleo e outras reservas minerais.

Embora só a partir de 1926 os métodos geofísicos tivessem sido adoptados na pesquisa de petróleos, de há muito que alguns deles vinham sendo utilizados, em larga escala, em quase todos os trabalhos de prospecção mineira.

Tais técnicas de trabalho só muito mais tarde conseguiram penetrar nos domínios da pesquisa hidrogeológica. Dado o facto da localização e exploração de águas subterrâneas não oferecer grande recompensa material, os métodos de prospecção geofísica não se generalizaram tão ràpidamente neste campo, embora a sua eficiência técnica já estivesse altamente comprovada.

Actualmente a situação modificou-se, acontecendo que em quase todos os países mais progressivos as entidades responsáveis pelo abastecimento de água às populações urbanas, necessidades de natureza agro-pecuária, etc., estão efectuando pesquisas por métodos geofísicos, empregando especialmente o método da resistividade eléctrica por ser este o que melhor se adapta a trabalhos desta natureza.

O método da resistividade eléctrica tem por base a acentuada variação da condutibilidade eléctrica do subsolo em presença da água, variação essa fácil de detectar a partir de simples medições efectuadas à superfície do terreno sob a forma de ensaios não destrutivos.

Contràriamente ao que acontece com os restantes métodos geofísicos, os quais apenas nos fornecem uma visão muito particular e restrita da estrutura geológica, o método da resistividade eléctrica pode dar-nos preciosas informações sobre a estratigrafia do subsolo e, por vezes, sobre a própria natureza do meio, constituindo, deste modo, um precioso auxiliar da investigação geológica.

As medições correspondentes às diferentes condutibilidades do terreno podem ser interpretadas, à base da experiência e da investigação científica, em termos de estrutura geológica, tipo de rocha, porosidade, teor de humidade, salinidade da própria água, etc.

No entanto, tratando-se de medições indirectas tornam-se necessárias outras informações, para uma completa interpretação dos resultados obtidos, recorrendo-se quase sempre à informação geológica superficial. Deste modo, o método da resistividade eléctrica, embora disponha de um elevado potencial de resolução, deverá ser olhado ùnicamente como uma ferramenta suplementar de hidrogeologista e não como um simples meio para atingir determinado fim.

* * *

A água que constitui a fase líquida do terreno pode apresentar-se sob diversas formas: *água livre, água de capilaridade* e *água adsorvida.*

Considera-se água livre, aquela que penetra no solo, sob a acção da gravidade, enchendo todos os vazios abaixo do chamado nível freático. Ocorre na natureza em grandes quantidades e o seu movimento é normalmente regido pelas leis da hidráulica.

Tratando-se de solos de grão muito fino, existirá também determinada quantidade de água acima do nível freático devido a fenómenos de capilaridade os quais originam um movimento ascensional idêntico ao que se verifica quando mergulhamos a extremidade de um tubo, de muito pequeno diâmetro, num recipiente contendo água. A zona do terreno acima do nível freático, onde existe água de capilaridade, designa-se por *franja capilar*, a qual em certos casos pode atingir a superfície livre do solo. Nesta hipótese a água evaporada à superfície do terreno é normalmente compensada por um movimento ascensional, verificando-se então um acentuado abaixamento do nível freático.

Poderá ainda existir determinada quantidade de água sob a forma de uma película de pequena espessura envolvendo os próprios grãos do solo. Nestas condições a água encontra-se adsorvida e não poderá ser removida do solo pela acção da gravidade nem por simples secagem à temperatura ordinária, vaporizando-se, no entanto, para temperaturas superiores a 105° C.

A forma sob a qual se encontra a água no terreno tem fundamental importância em hidrogeologia, pois só a água livre é susceptível de ser captada e industrialmente explorada.

Embora os baixos valores da resistividade eléctrica indiquem a presença de água no subsolo, pode acontecer que a mesma não possa ser industrialmente explorada em virtude da elevada retenção específica do terreno. Daqui resulta uma das maiores dificuldades da aplicação prática do método da resistividade, no que se refere à interpretação dos resultados, pois nem sempre é possível distinguir elèctricamente, sob que forma se encontra a água que constitui a fase líquida do solo.

* * *

A condutibilidade da corrente eléctrica através do terreno efectua-se, sob o ponto de vista da física molecular, por dois processos distintos: *Condutibilidade electrónica* e *electrolítica* ([1]). Enquanto a primeira, idêntica à condutibilidade dos metais, é devida ao movimento de electrões livres, a segunda resulta do transporte dos iões contidos nos electrólitos da fase líquida do terreno. De uma maneira geral, a condutibilidade eléctrica do terreno processa-se quase exclusivamente através da fase líquida. A maioria dos materiais existentes na natureza, os quais constituem a fase sólida dos terrenos, apresentam uma condutibilidade eléctrica pràticamente nula quando isentos de humidade. Mesmo naqueles casos em que os solos derivam da alteração de grandes massas metálicas, bastante condutoras sob o ponto de vista electrónico, apresentam ainda, quando secos, uma condutibilidade pràticamente nula.

A fase líquida poderá então desempenhar um papel de grande relevo no condicionamento da condutibilidade total, quer favorecendo o contacto eléctrico entre as partículas do solo, enchendo a maior parte dos vazios, quer conduzindo directamente a corrente através dos electrólitos que contém. Deste modo, a resistividade eléctrica do conjunto será grandemente influenciada pela quantidade total de água (livre, de capilaridade e adsorvida) existente no solo e pela natureza química da própria água, considerando-se, para o efeito, a fase gasosa como isolante.

Verifica-se, experimentalmente, que a resistividade eléctrica de um terreno pode variar entre limites bastante largos, compreendidos entre 2 a 3 Ω . m (ohms metro) até valores superiores a 10^5 Ω . m, consoante o teor de humidade e a quantidade de sais ionizados existentes na fase líquida.

Na maioria dos casos, os valores das resistividades observadas podem-nos dar uma visão bastante aproximada da natureza do meio geológico, embora no que se refere à estratigrafia já o problema não se apresente com a mesma evidência e simplicidade.

Uma determinação exacta, da estratigrafia do subsolo, só é possível em casos muito particulares, pois a interpretação matemática das medidas geoeléctricas só é viável no caso de se tratar de um meio homogéneo, com estratificação horizontal ou paralela e limitada por superfícies indefinidas. Por outro lado, a diferenciação de estratos contíguos só é possível desde que se verifique um acentuado contraste entre as suas resistividades eléctricas.

O caso mais simples de interpretar corresponderá à dupla camada, constituída por um estrato de espessura h e restividade ρ_1, repousando sobre um terreno semi-indefinido, exibindo, por sua vez, uma resistividade ρ_2. A interpretação matemática dos resultados geoeléctricos começa-se a complicar à medida que aumenta o número de camadas ou estratos geológicos.

Embora seja possível, através de um laborioso trabalho de cálculo, abordar ainda o caso das 3 camadas, tal estudo torna-se demasiado exaustivo para que seja económica a sua execução, sendo então preferível fazer uso de métodos aproximados. Tal aproximação consistirá em considerar um terreno de 3 camadas como se na realidade fosse constituído por dois únicos terrenos sendo um deles de dupla camada. Tal interpretação poderá ser generalizada através da substituição de um terreno de n camadas, por $n-1$ terrenos de dupla camada. Tratando-se de um artifício, de interpretação, os valores obtidos não são exactos, havendo necessidade de corrigir determinadas causas de erro introduzidas no decurso da análise da curva geoeléctrica. Tais correcções são efectuadas com base na teoria dos pontos auxiliares de *Hummel* e conduzem a resultados quase exactos.

Se é difícil a análise matemática de um diagrama geoeléctrico obtido sobre um terreno constituído por 3 camadas homogéneas, isótropas sob o ponto de vista eléctrico, e limitadas por superfícies paralelas e indefinidas, o problema apresenta-se extraordinàriamente complicado se tais hipóteses se não verificarem, tal como acontece na maioria das formações geológicas existentes na natureza.

A ocorrência de heterogeneidades, falhas geológicas, estratificação curva, anisotropia eléctrica, etc., podem dificultar grandemente, ou excluir mesmo, qualquer tratamento matemático do problema.

Perante tais factos, o investigador deverá ter

([1]) — Em casos muito especiais poderá ainda verificar-se uma condutibilidade dieléctrica.

sempre presente que tanto a prospecção geoeléctrica como quaisquer outros métodos de prospecção geofísica, são formas indirectas de obter informações sobre a estrutura e natureza do subsolo, através de resultados altamente dependentes da distribuição de determinadas anomalias e heterogeneidades geológicas, as quais podem influenciar grandemente as próprias características eléctricas observadas.

Embora a realização das medições geoeléctricas seja relativamente fácil, a interpretação dos resultados apresenta-se, por vezes, bastante complicada e difícil. Em muitos casos só a intuição, a experiência e a habilidade do investigador, para relacionar os resultados das medições com os diferentes parâmetros da estrutura geológica em causa, poderão conduzir a um completo esclarecimento das anomalias encontradas durante a pesquisa geoeléctrica.

Uma verdadeira interpretação, baseada nos resultados das medições geoeléctricas e apoiada num verdadeiro conhecimento da geologia do local prospectado, não poderá ser realizada através de tabelas, regras fixas ou leis matemáticas que substituam a habilidade e experiência pessoal do investigador. Cada caso exige a ponderação de inúmeros factores difíceis de definir *á priori* surgindo a interpretação geoeléctrica como resultado de uma cuidadosa análise das várias hipóteses possíveis, sendo frequente o recurso a novos ensaios de confirmação. No caso de tais ensaios não excluírem a existência de várias hipóteses estratigráficas compactíveis com os resultados obtidos, torna-se necessário recorrer à prospecção mecânica, ou a outros métodos geofísicos como único meio de levantar a indeterminação geoeléctrica.

Não obstante os condicionamentos anteriormente referidos, o método da resistividade eléctrica apresenta-se como um valioso instrumento da investigação geológica. Mesmo naqueles casos em que a geologia de superfície é bem conhecida, a aplicação do método torna sempre possível uma investigação mais detalhada da estrutura do subsolo e a obtenção expedita de outros elementos que ultrapassam, em muito, a mais completa informação geológica superficial.

No caso de não existirem outros elementos além dos que resultam do simples conhecimento de nos encontrarmos em presença de formações geológicas recentes, o método geoeléctrico fornece-nos rápidas informações, quer sobre a natureza do meio, quer sobre a sucessão estatigráfica do subsolo.

2 — TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DA RESISTIVIDADE ELÉCTRICA.

A resistência óhmica de um fio condutor (fig. 1) obtém-se medindo a corrente eléctrica que o atravessa quando aos seus extremos é aplicada uma diferença de potencial bem conhecida. Tal medição admite a

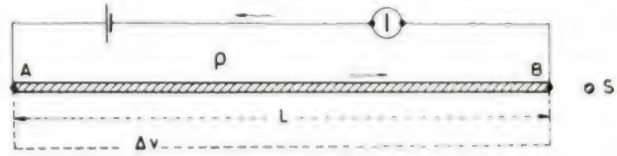


Fig. 1 — Esquema relativo à determinação da resistência eléctrica de um fio condutor.

hipótese da secção recta ser constante, ao longo do fio, e bastante reduzida relativamente ao seu comprimento. Deste modo as linhas de corrente são paralelas, e os contactos extremos, entre os quais se pretende determinar a resistência eléctrica, podem ser considerados como pontuais.

Nestas condições a lei de *Ohm* tomará a forma:

$$\Delta v = \frac{I \cdot \rho \cdot L}{S} \qquad (1)$$

Em que,

- L — comprimento do fio condutor, em metros
- S — secção recta do fio, em metros quadrados
- I — intensidade da corrente, em Amperes
- Δv — diferença de potencial aplicada aos extremos do condutor, em Volts
- ρ — constante característica do material do fio, em Ohms metro (Ω.m)

A constante ρ, designa-se por resistividade eléctrica do material e define-se, fìsicamente, como a resistência óhmica que um condutor cúbico, de aresta unitária, opõe à passagem da corrente, segundo a normal a uma das suas faces.

A partir de (1) deduz-se a expressão (2), a qual nos fornece directamente o valor de ρ.

$$\rho = \frac{S \cdot \Delta v}{I L} = \frac{R \cdot S}{L} \qquad (2)$$

Em que R representa a resistência eléctrica do fio condutor, expressa em Ohms.

No caso de se tratar de um condutor a duas dimensões, materializado por uma placa metálica de reduzida expessura relativamente à superfície, já a determinação da sua resistência óhmica não poderá ser obtida com a simplicidade anteriormente referida, tornando-se então necessária, e indispensável, a introdução de algumas correcções. A distribuição das linhas de corrente dependerá, neste caso, da forma dos contactos, das heterogeneidades, da anisotropia eléctrica do material e ainda de ligeiras variações da espessura da placa.

Se se tratar de um condutor a 3 dimensões, em que nenhuma delas é desprezível relativamente às restantes, já não é possível determinar a resistividade do material a partir de simples medições da resistência eléctrica entre 2 pontos.

A determinação da resistividade eléctrica do terreno, que nos propomos prospectar, não será possível por esta via, em virtude das suas condições limites corresponderem sensìvelmente a um sólido semi-indefinido. Deste modo, torna-se necessário recorrer a outro método de medição, baseado na teoria da distribuição dos potenciais eléctricos num meio que, por hipótese, se considera homogéneo, isótropo e contínuo, o qual é materializado pelo terreno cuja resistividade eléctrica se pretende determinar.

* * *

Suponhamos que determinado campo de potenciais é estacionário e mantido por intermédio de um gerador eléctrico (fig. 2) que lança no ter-

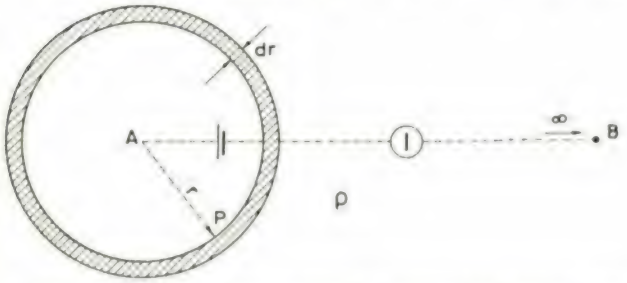


Fig. 2 — Esquema do campo de potenciais gerado por uma corrente eléctrica que circula entre 2 pontos *A* e *B*, situando-se um deles no infinito.

reno uma corrente de intensidade *I*, quando o circuito é fechado entre os pontos *A* e *B*. Por hipótese os pontos *A* e *B* encontram-se infinitamente afastados um do outro e fazem parte de um meio contínuo, homogéneo e isótropo sob o ponto de vista eléctrico.

Nestas condições, a partir da forma diferencial da lei de Ohm ($dV = -I.dR$) é possível deduzir uma expressão que nos permita calcular o valor que o potencial eléctrico toma em qualquer ponto do campo. Assim, se admitirmos, por simetria, que as equipotenciais são superfícies esféricas de centro em *A*, teremos:

$$dV = -I.dR \tag{3}$$

ou

$$dR = \rho \frac{dL}{S} \tag{4}$$

Atendendo a que $dL = dr$ e $S = 4\pi r^2$, obteremos por substituição,

$$dV = -I\rho \frac{dr}{4\pi r^2}$$

ou

$$V = \frac{\rho I}{4\pi} \cdot \frac{1}{r} \tag{5}$$

Uma vez conhecida a resistividade eléctrica do meio e a corrente que alimenta o campo de potenciais, a expressão (5) fornece-nos o valor de *V* em qualquer ponto distanciado *r* de *A*.

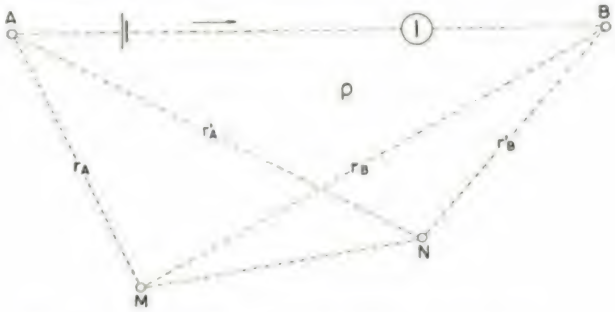


Fig. 3 — Esquema da configuração geral para a determinação da resistividade eléctrica pelo método dos 4 eléctrodos.

Na maior parte das aplicações práticas os pontos *A* e *B* situam-se a distância finita, e através deles circulam correntes de intensidade $+I$ e $-I$ respectivamente. Nestas condições o potencial em qualquer ponto *M*, distanciado r_A de *A* e r_B de *B* (fig. 3), será dado por,

$$V_M = \frac{\rho I}{4\pi}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right) \tag{6}$$

Se considerarmos outro ponto N, distanciado r'_A de A e r'_B de B, teremos do mesmo modo,

$$V_N = \frac{\rho I}{4\pi}\left(\frac{1}{r'_A} - \frac{1}{r'_B}\right) \qquad (7)$$

donde

$$V_M - V_N = \frac{\rho I}{4\pi}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} + \frac{1}{r'_B} - \frac{1}{r'_A}\right) \qquad (8)$$

ou fazendo

$$V_M - V_N = \Delta V$$

e

$$\frac{1}{K} = \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} - \frac{1}{r'_A} + \frac{1}{r'_B}\right) \qquad (8')$$

teremos,

$$\rho = 4\pi K \frac{\Delta v}{I} \qquad (9)$$

Conhecida a constante K, a expressão (9) permite-nos calcular a resistividade eléctrica do meio, uma vez que sejam efectuadas as medições da corrente I, que circula entre os pontos A e B (eléctrodos de corrente), e da diferença de potencial Δv existente entre M e N (eléctrodos de potencial).

No caso das medições serem efectuadas a partir da superfície do terreno, encontramo-nos dentro da hipótese do sólido semi-indefinido, pelo que já não é aplicável a expressão (9). Em tal situação devemos fazer uso da equação (10), a qual se deduz de (4), substituindo S por $2\pi r^2$.

$$\rho = 2\pi K \frac{\Delta v}{I} \qquad (10)$$

Na determinação experimental de ρ, a partir da utilização da expressão (10), é costume fazer uso de alguns dispositivos geométricos, particularmente escolhidos de forma a simplificar os trabalhos do campo e o cálculo das constantes K.

Assim, se colocarmos os 4 eléctrodos no mesmo alinhamento, e na expressão (8'), fizermos $r_A = r'_B = a$ e $r'_A = r_B = 2a$, teremos o dispositivo geométrico de *Wenner*, apresentado na fig. 4, o qual fornece valores de ρ dados pela expressão,

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta v}{I} \qquad (11)$$

No caso dos eléctrodos de potencial se encontrarem distanciados de b, os de corrente de L, e forem todos colocados no mesmo alinhamento (fig. 5), permanecendo iguais as distâncias entre AM e NB, teremos o dispositivo geométrico de *Schlumberger*, (1) para o qual se deduz,

$$\rho = \pi \frac{L^2 - b^2}{4b} \cdot \frac{\Delta v}{I} \qquad (12)$$

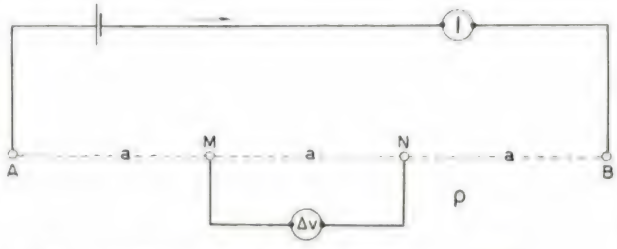


Fig. 4 — Esquema da montagem geométrica de *Wenner*.

No quadro I apresenta-se uma tabela com as constantes geométricas correspondentes ao dispositivo de *Schlumberger*, calculadas para várias distâncias entre eléctrodos.

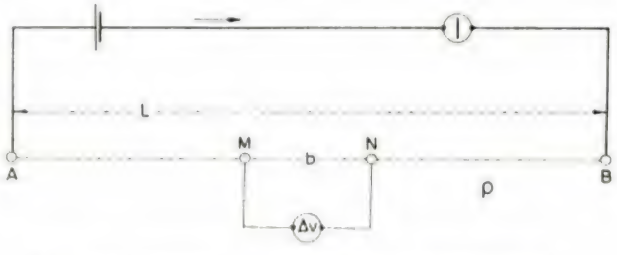


Fig. 5 — Esquema da montagem geométrica de *Schlumberger*.

Quando o terreno é contínuo, homogéneo e elèctricamente isótropo, pelo menos para uma profundidade igual ou superior a metade da distância entre os eléctrodos A e B, os valores de ρ dados pelas expressões (11 e (12) coincidem pràticamente com a *resistividade óhmica* do meio. Se tal não acontecer, os valores da resistividade poderão variar com a profundidade da pesquisa ou com a posição do ponto observado. Em tais circunstâncias os valores de ρ dados por (11) e (12) não traduzem uma resistividade óhmica mas

(1) — Poderão ainda ser considerados outros dispositivos geométricos satisfazendo sempre à equação (8).

QUADRO I

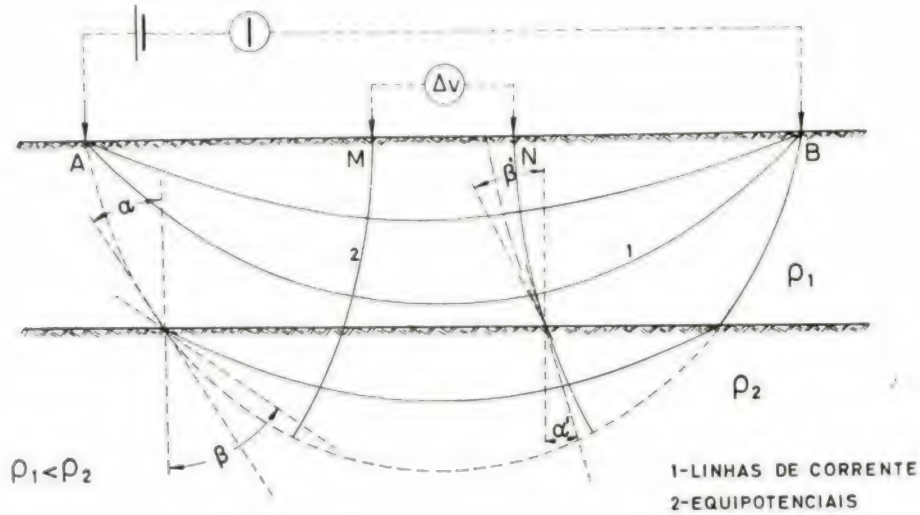
Constantes geoeléctricas correspondentes à aplicação do dispositivo geométrico de «Schlumberger»

$\frac{AB}{2}$ \ MN	1 m	2 m	4 m	8 m
1,00	2,356			
1,20	3,739			
1,40	5,372			
1,70	8,294			
2,00	11,781	4,712		
2,50	18,850	8,262		
3,00	27,489	12,566		
3,70	42,223	19,949		
4,40	60,036	28,840	12,064	
5,45	92,520	45,082	20,169	
6,50	131,947	64,796	30,034	
8,00	200,277	98,960	47,124	18,850
9,50	282,744	140,194	67,742	29,157
11,75	432,944	215,294	105,558	48,004
14,0	614,968	306,306	150,797	70,686
17,0	907,137	452,390	223,996	107,443
20,0	1 255,85	626,749	311,018	150,797
22,0	1 519,75	758,696	376,992	183,784
24,0	1 808,77	903,210	449,249	219,912
26,5	2 205,40	1 101,54	548,398	269,549
29,0	2 641,30	1 319,47	657,380	323,978
32,0	3 216,21	1 600,69	801,108	392,700
35,0	3 847,67	1 922,65	950,334	474,774
38,5	4 655,85	2 326,76	1 161,01	578,054
42,0	5 540,99	2 769,32	1 382,30	686,440
46,0	6 646,84	3 322,24	1 658,77	826,241
50,0	7 853,21	3 925,42	1 960,35	975,467
60,0	11 308,9	5 653,31	2 824,29	1 407,43
70,0	15 393,0	7 695,35	3 845,31	1 917,94
85,0	22 697,2	11 347,4	5 671,37	2 830,97
100	31 415,2	15 706,4	7 850,8	3 920,71
120	45 238,2	22 617,9	11 306,6	5 648,59
140	61 574,5	30 786,1	15 390,6	7 690,63
160	80 421,8	40 210,9	20 103,0	10 046,8
180	101 787,0	50 892,3	25 443,8	12 717,1
200	125 663,0	62 830,0	31 412,8	15 701,7

sim a *resistividade eléctrica aparente* do meio, a qual se designa normalmente por ρ_a.

Naqueles casos em que o terreno se apresenta contínuo, homogéneo e elèctricamente isótropo, mas a determinada profundidade h existe uma superfície de descontinuidade horizontal, tal como se apresenta na fig. 6, separando um meio de resistividade ρ_1 de outro de resistividade ρ_2, as linhas de corrente ao atingirem a superfície de separação dos meios, com determinado ângulo de incidência α, sofrem uma refracção β, tal que, $\operatorname{tg}\beta = \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot \operatorname{tg}\alpha$. De igual modo as equipotenciais sofrerão um desvio dado pela relação, $\operatorname{tg}\beta' = \frac{\rho_2}{\rho_1} \operatorname{tg}\alpha'$. Esta refracção irá modificar a posição das equipotenciais, relativamente a um meio totalmente homogéneo e isótropo, modificação essa que se traduzirá, à superfície do terreno, por uma alteração dos valores de Δv a observar durante as medições. Nestas condições as resistividades calculadas com estes valores de Δv, e fazendo uso das expressões (11) e (12), serão aparentes e traduzem um contributo ponderado das resistividades ρ_1 e ρ_2. A resistividade aparente ρ_a poderá coincidir com a resistividade ρ_1 do primeiro meio, se for adoptado um espaçamento de eléctrodos tal que as linhas de corrente não cheguem a atingir o meio de resistividade ρ_2.

A partir dos valores da resistividade eléctrica aparente do terreno, e tendo em consideração as suas variações em profundidade e em superfície, torna-se possível tirar importantes conclusões respeitantes à natureza do meio e estratigrafia das formações geológicas em questão.



$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\rho_2}{\rho_1}\operatorname{tg}\alpha \qquad \operatorname{tg}\beta' = \frac{\rho_2}{\rho_1}\operatorname{tg}\alpha'$$

Fig. 6 — Esquema da distribuição do campo de potenciais num meio constituído por duas camadas homogéneas, paralelas e elèctricamente diferenciadas.

Na obtenção de tais valores são normalmente adoptados dois métodos distintos de pesquisa: *Sondagem geoeléctrica e perfil de resistividade a profundidade constante.*

Na sondagem geoeléctrica, procede-se a uma determinação da resistividade aparente do subsolo em função da profundidade de pesquisa. Assim, ao fazer uso da expressão (11), para cada valor de a correspondente à profundidade de pesquisa, procede-se à medição de ΔV e de I, o que permitirá calcular ρ_a. De igual modo para fazer uso da expressão (12), para cada valor de AB 2 (ou L/2) correspondente à profundidade de pesquisa, procede-se à medição de ΔV e I o que permitirá calcular ρ_a. Neste caso a distância b, entre eléctrodos de potencial, é mantida constante enquanto for possível medir ΔV com razoável precisão tendo em conta a sua influência no cálculo de ρ_a.

MAGUE

PONTE ROLANTE ELÉCTRICA COM COLHER, 6t 20m, EM FUNCIONAMENTO NAS INSTALAÇÕES DA COMPANHIA PORTUGUESA DE CIMENTOS BRANCOS, S.A.R.L. (CIBRA).

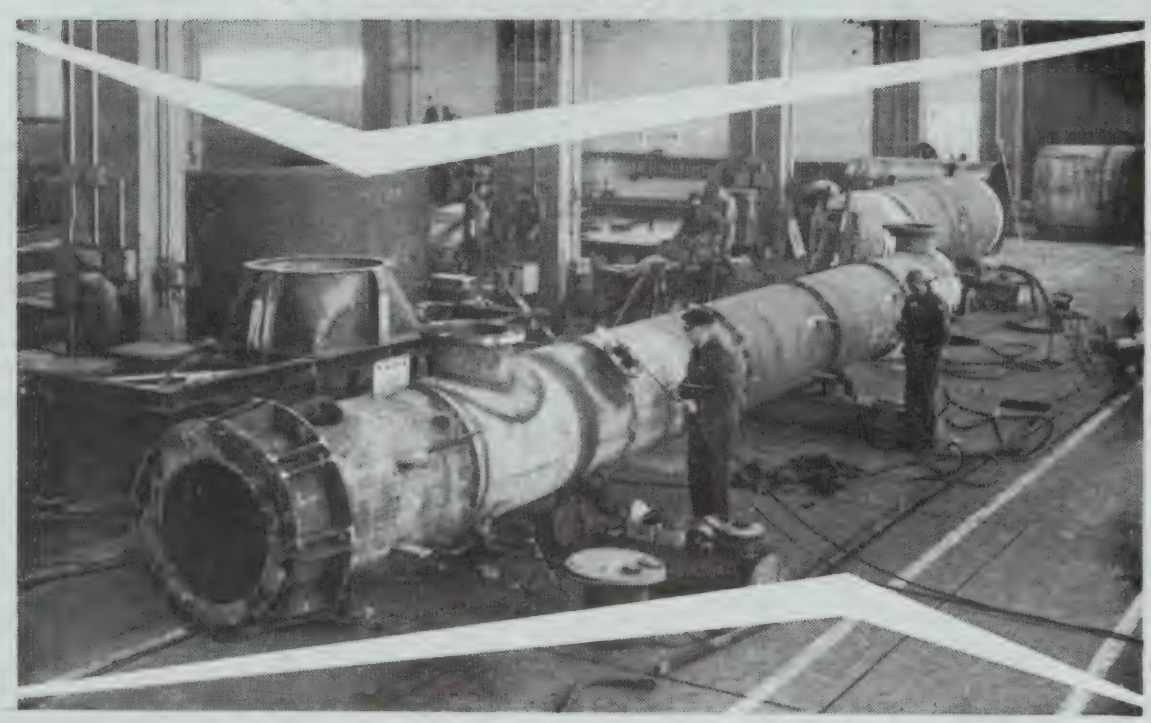
PONTES ROLANTES ——— *Projecto e fabrico*
GUINDASTES ——— *Projecto e fabrico*
APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS — *Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS ——— *Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey*
TURBINAS A VAPOR ——— *Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie*
EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL

aços vazados
ferros meehanite
mecânica MÉDIA E PESADA
construções metálicas

COMPORTAS
TURBINAS
CONDUTAS FORÇADAS
RESERVATÓRIOS SOB PRESSÃO
PERMUTADORES DE CALOR



Indústria dos Petróleos.

Coluna de 1.000 mm ø × 10 000 mm, em fase final de fabrico.

DMM

DIVISÃO METALO-MECÂNICA
COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AVENIDA 24 DE JULHO, 170 — LISBOA 2 ✦ TELEFONES 67 04 21 E 67 20 61 ✦ TELEGRAMAS: METALOFABRIL

Durante a realização de uma sondagem geoeléctrica, o ponto médio da montagem (AB/2) deverá ser mantido fixo e corresponde ao local sondado. Os resultados obtidos não traduzem um valor pontual, tal como acontece com as sondagens mecânicas, mas sim uma situação média das condições geológicas verificadas nas imediações do local prospectado.

Na prospecção correspondente ao perfil de resistividade a profundidade constante, uma vez fixada a profundidade de pesquisa mais conveniente (valor de a na expressão (11) ou L/2 na expressão (12) procede-se à medição dos valores de ρ_a em vários pontos ligeiramente espaçados e situados ao longo de determinado alinhamento do terreno. A partir das variações de ρ_a é possível tirar importantes conclusões respeitantes à natureza do subsolo existente na área prospectada, extrapolando os valores das resistividades obtidas ao longo dos perfis observados.

Por vezes, uma pesquisa do tipo anteriormente referido é realizada no interior de um furo de sonda, o qual é prèviamente cheio com água ou lama para facilitar o contacto dos eléctrodos com o terreno. Este caso corresponderá teòricamente ao sólido indefinido, razão porque os valores de ρ dados pelas expressões (11) e (12) deverão, neste caso, ser multiplicados por 2. O ensaio consistirá em deslocar a montagem ao longo do furo, procedendo a uma determinação tão contínua quanto possível dos valores de ρ_a.

Uma prospecção deste tipo, visando a obtenção de informações respeitante à natureza do meio e espessura das formações atravessadas pela sondagem mecânica, designa-se por *Electric Logging*. Normalmente utilizam-se pequenos espaçamentos de eléctrodos de forma a que possam ser detectadas camadas de reduzida espessura e diferente natureza, sem correr o risco de as confundir, elèctricamente, com outras de maior pujança.

Por razões relacionadas com a interpretação dos resultados, e ainda com o intuito de evitar que as variações da resistividade eléctrica do terreno se atenuem muito ràpidamente com a profundidade, os gráficos das sondagens são traçados em escala bi-logarítmica: as resistividades aparentes em ordenadas e as respectivas profundidades de pesquisa em abcissas.

No traçado dos gráficos de pesquisa a profundidade constante, utilizam-se escalas lineares, tanto para as resistividades como para as respectivas distâncias à origem do perfil.

2.1 *Aparelhagem utilizada nas medições.* — Tal como anteriormente foi referido, a determinação de ρ_a ficará dependente das medições de ΔV e I, e do prévio conhecimento da geometria da montagem para calcular as constantes das expressões (10), (11) ou (12).

As medições poderão ser realizadas em corrente contínua, alternada, ou comutada *(square wave current)*, utilizando equipamentos de medida adequados a cada caso.

Como geradores de corrente poderão ser utilizados grupos electrogéneos, pequenos alternadores, baterias de acumuladores ou simples pilhas secas. Todos os sistemas apresentam vantagens e inconvenientes, notando-se, na Europa, uma nítida tendência para a corrente contínua não comutada com compensação prévia dos potenciais provenientes do solo.

As correntes a utilizar variam com a geometria da montagem e natureza do terreno, entre valores que podem ir de alguns miliamperes até cerca de 5 Amperes em casos extremos ([1]). Por outro lado, os potenciais a observar variam entre 1 milivolt e cerca de 5 Volts em casos extremos.

Da expressão (10) conclui-se que o cálculo de ρ depende exclusivamente de uma constante geométrica K', e da determinação experimental da relação $\frac{\Delta V}{I}$ em que ΔV e I não são variáveis independentes. Tal facto permite a obtenção dos valores de ρ sem qualquer influência das resistências de contacto dos eléctrodos com o terreno, comprimento e temperatura dos cabos de ligação, etc. Uma elevada resistência de contacto dos eléctrodos A e B com o terreno (fig. 4) fará baixar os valores da corrente I, que passa através do solo, o que originará uma correspondente redução dos valores de ΔV a observar em tais circunstâncias. Deste modo a relação $\frac{\Delta V}{I}$ mantem-se constante, pois os valores de ΔV podem ser observados por *método de zero* e

([1])—Em trabalhos de prospecção realizados nas proximidades da povoação de Costa Nova do Prado chegaram a ser utilizadas correntes de 5 Amperes sob uma tensão de 1000 Volts.

por conseguinte independentemente de quaisquer resistências de contacto.

A medição rigorosa da diferença de potencial ΔV, existente entre os eléctrodos M e N, resultante exclusivamente da introdução em A e B da corrente I, não é tarefa fácil de realizar. Existem várias fontes de erro as quais devem ser prèviamente eliminadas ou compensadas, caso se pretenda obter um valor de ΔV nas condições anteriormente referidas. Entre essas fontes de erro citam-se as seguintes: Correntes de *self-potencial*, correntes originadas por condutas metálicas enterradas, revestimentos de cabos eléctricos subterrâneos, depósitos de minério, cinzas, coque, depósito de sucatas metálicas, correntes de fuga de instalações eléctricas, correntes de polarização dos eléctrodos, potenciais de percolação, correntes telúricas, etc.

A existência de tais correntes no subsolo, dará origem a um campo de potenciais que se irá sobrepor àquele que se pretende criar artificialmente, pela introdução entre A e B (fig. 4) de uma corrente de intensidade I. Por outro lado, a existência de eventuais canalizações metálicas, na área que se pretende prospectar, poderá originar uma distorsão do campo de potenciais que se procura estabelecer, invalidando, dentro de certa medida, os princípios teóricos do método.

Um equipamento de resistividade eléctrica, trabalhando com corrente contínua dispõe normalmente dos seguintes elementos:

Um gerador de corrente contínua capaz de fornecer, durante períodos relativamente curtos, correntes até 5 Amperes sob tensões variáveis até 1000 Volts.

Um miliamperímetro, para medição das correntes a lançar no solo, com uma precisão de leitura superior a 0,1 miliampere e um campo de medida de 5 Amperes distribuído por várias escalas.

Um milivoltímetro com dispositivo de compensação dos potenciais provenientes do solo, dispondo de uma precisão de leitura de 0,1 milivolt, e um campo de medida superior a 5 Volts distribuído por várias escalas.

Eléctrodos de corrente e de potencial, carretéis para acomodação dos cabos condutores destinados a estabelecer as ligações entre os aparelhos de medida e os eléctrodos, comutadores, vários acessórios, etc.

De igual modo, poderá ser adoptada corrente alternada desde que seja utilizado o correspondente equipamento de medida, o qual não carece de dispositivos de compensação dos potenciais de polarização dos eléctrodos; No entanto, tal sistema de medição poderá ser perturbado pelas correntes alternadas provenientes de fugas de instalações urbanas, linhas de alta tensão etc.

No caso de se utilizar corrente contínua, os milivoltímetros electrónicos, de leitura directa, permitem uma maior rapidez nas observações, reduzindo, deste modo, os erros provenientes de uma eventual instabilização dos potenciais no tempo.

Na fig. 7 apresenta-se um equipamento colocado em estação, durante a realização de alguns trabalhos de prospecção geofísica por sondagem eléctrica.

Fig. 7 — Equipamento de resistividade eléctrica.

3 — INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.

De uma maneira geral, os baixos valores de ρ_a denunciam a existência de água no subsolo. No entanto, poderá acontecer que tal água não possa ser captada nem explorada industrialmente, pelo facto de se encontrar adsorvida em formações mais ou menos argilosas ou contida em materiais demasiadamente finos para que possa caminhar livremente para os poços ou quaisquer outras obras de captação. Por tal motivo os valores de ρ_a, quando considerados isoladamente, não nos fornecem uma solução segura para o problema da pesquisa hidrogeológica. Por outro lado, os elevados valores de ρ_a traduzem a existência de formações contendo pequena quantidade de água nos poros, tal como acontece com

as areias acima do nível freático, rochas compactas, calcários cavernosos, etc. No caso da resistividade se manter constante com a profundidade (fig. 8) encontramo-nos em presença de uma formação homogénea, quer do ponto de vista geológico, quer do ponto de vista geoeléctrico, a qual pouco interesse poderá apresentar sob o aspecto da pesquisa de águas.

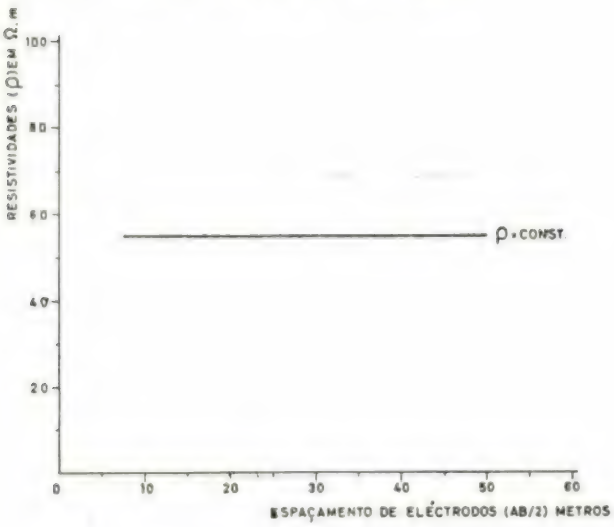


Fig. 8 — Gráfico de $\rho = f\,(AB/2)$, para $\rho =$ constante.

Normalmente acontece que os valores de ρ_a não só variam com a profundidade h, mas ainda ao longo de determinado alinhamento do terreno para uma profundidade de pesquisa bem definida. Formações deste tipo, quando prospectadas, darão origem a gráficos geoeléctricos tais como se apresentam nas figs. 9 e 10.

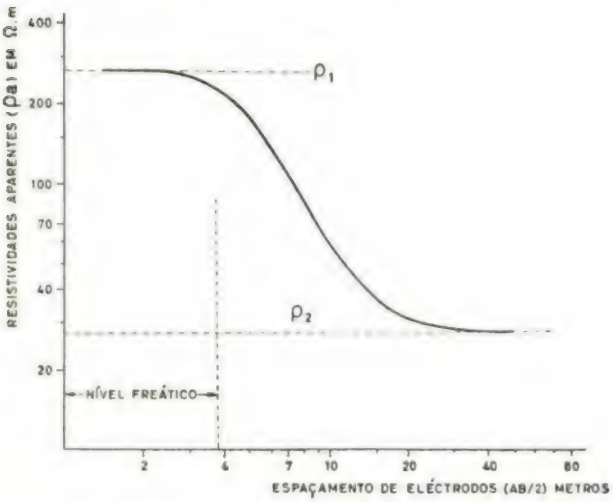


Fig. 9 — Curva $\rho = f\,(AB/2)$, para 2 camadas eléctricamente distintas.

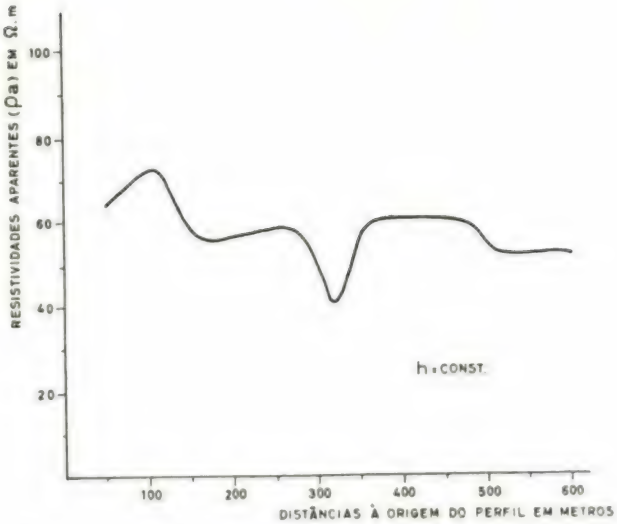


Fig. 10 — Perfil de resistividade a profundidade constante.

Um terreno homogéneo, sob o ponto de vista geológico, poderá apresentar-se heterogéneo sob o ponto de vista geoeléctrico, e vice-versa. A título de exemplo, poderemos apresentar o caso de uma formação arenosa, geològicamente homogénea, contendo água abaixo de determinado nível. Sob o ponto de vista da resistividade eléctrica tudo se passa como se existissem duas formações distintas, o que permitirá detectar a água, pois de acordo com o gráfico da fig. 9 os valores de ρ_a decrescem a partir da profundidade a que as linhas de corrente começam a intersectar zonas de terreno situadas abaixo do nível freático.

Sob o ponto de vista hidrogeológico, um problema deste tipo ficará devidamente esclarecido desde que se conheça a profundidade a que se encontra o nível freático, se a água existente no subsolo é ou não potável, e ainda uma ordem de grandeza dos caudais a obter nas obras de captação que eventualmente venham a ser realizadas.

A prospecção geoeléctrica poderá fornecer, neste caso, uma notável contribuição para a solução do problema sem que, contudo, o resolva totalmente. Assim, a partir do gráfico da fig. 9 poderemos conhecer, com notável precisão, a profundidade do nível freático, ao mesmo tempo que os parâmetros referentes à salinidade do meio se encontram implícitos no valor da resistividade eléctrica da camada equífera, pois os baixos valores de ρ_a traduzem a existência de

águas salinas ou formações fortemente argilosas. Os eventuais caudais a obter ficarão dependentes da topografia da região, no que se refere à bacia de alimentação e retenção, e da composição granulométrica do terreno no que diz respeito à percolação das águas para as obras de captação.

Como fàcilmente se compreende, uma informação geológica superficial, bem elaborada, poderá contribuir de uma forma notável para completar a solução do problema, especialmente na parte respeitante à previsão de eventuais leitos argilosos, existência de terrenos com elevada salinidade, etc. Deste modo, tanto os resultados obtidos na prospecção geoeléctrica como as hipóteses formuladas para a sua interpretação deverão ser compatíveis, não só com a informação geológica superficial, mas ainda com todos os elementos de estudo provenientes de quaisquer trabalhos de prospecção mecânica que porventura tenham sido realizados no local.

Tratando-se de ensaios susceptíveis de serem normalizados, a obtenção das curvas ρ_a (a) ou ρ_a (AB/2), dadas pelas expressões (11) e (12) é uma operação relativamente simples, uma vez que se disponha de equipamento adequado. No entanto, a sua interpretação geofísica, consistindo em obter as resistividades óhmicas das diferentes camadas geológicas bem como as respectivas profundidades de jazida, constitui um problema bastante mais complicado, pois as relações entre tais curvas e as condições geológicas a que as mesmas correspondem são bastante complexas. Embora seja tècnicamente possível traçar curvas de resistividade aparente correspondentes a determinado arranjo de estratos horizontais, nem sempre é possível caminhar em sentido inverso, isto é, dada uma curva geoeléctrica determinar as condições geológicas a que a mesma corresponde. Em casos muito especiais, diferentes condições geológicas podem dar origem a uma única curva geoeléctrica, o que dificulta grandemente a interpretação dos resultados.

Têm sido obtidas algumas soluções matemáticas para os casos mais simples, correspondentes a terrenos uniformemente estratificados, nos quais cada camada geológica se considera homogénea, isótropa e limitada por planos paralelos e indefinidos. Qualquer análise deste tipo envolve funções de *Bessel* ou a teoria das imagens de *Kelvin*, e a maior parte dos resultados a que se tem chegado não passam de complexas especulações matemáticas. Alguns resultados publicados apresentam um interesse puramente teórico, pois só poderão ter alguma utilidade prática na posse dos próprios autores ou nas mãos de indivíduos com uma preparação matemática tal, que lhes permita penetrar na teoria das funções harmónicas. Por enquanto, poucas soluções chegaram a atingir uma forma numérica, de modo a poderem ser utilizadas nos casos correntes da prática. Torna-se necessário aguardar que seja levada a efeito uma vasta investigação, no sentido de elaborar ábacos e tabelas de modo a que tais fundamentos teóricos possam ser correntemente utilizados por pessoas de média preparação matemática. No entanto, dado o crescente interesse pela prospecção geoeléctrica e tendo em consideração os progressos ùltimamente verificados no cálculo automático, através de computadores electrónicos, é de presumir que tais elementos de interpretação venham a ser elaborados num futuro mais ou menos próximo.

A experiência mostra que a avaliação quantitativa dos gráficos da resistividade eléctrica aparente representa o principal trabalho da prospecção geoeléctrica. Tal análise torna-se muitas vezes impraticável sem a existência de curvas padrão, calculadas teòricamente, com as quais se comparam, à mesma escala, os gráficos obtidos experimentalmente.

Por tal motivo têm sido calculadas e publicadas várias séries de curvas teóricas para dois e três terrenos distintos, entre as quais citaremos:

Uma série de curvas correspondentes a 3 terrenos distintos e aplicação do dispositivo geométrico de *Schulemberger*, publicadas pela *Compagnie Générale de Geophysique* (CGG).

Uma série de 72 curvas, correspondentes a 3 terrenos distintos e utilização do dispositivo geométrico de *Wenner*, publicadas por *W. W. Weetzel* and *Mc Murry*.

Ábacos de *Cagniard* para dois terrenos distintos e dispositivo geométrico de *Schlumberger*, com generalização e correcção para várias camadas geológicas.

Método interpretativo de *Tagg* para dois ou 3 terrenos distintos e dispositivo geométrico de *Wenner*.

Independentemente das curvas teóricas anteriormente referidas existem ainda outros métodos de interpretação mais ou menos empíricos, ou mesmo semi-empíricos, tais como o da curva acumulada de *Moore*, etc.

As possibilidades do geofísico, no que se refere à capacidade de interpretar os resultados da prospecção geoeléctrica, embora dependam da experiência pessoal, ficarão altamente condicionadas pelo número de curvas teóricas colocadas à sua disposição. As dificuldades aumentam com a profundidade da pesquisa e com o número de camadas geoelèctricamente distintas do subsolo, sucedendo muitas vezes que a curva experimental a interpretar não se encontra representada nas mais completas colecções teóricas. Neste caso, só a intuição e a experiência do geofísico poderão solucionar o problema através de métodos mais ou menos empíricos, ou recorrendo, em última análise, à realização de uma ou mais sondagens mecânicas para aferição e confirmação dos resultados geoeléctricos de forma a tornar possível a sua extrapolação.

4 — OCORRÊNCIA DA ÁGUA NO SUBSOLO. PESQUISA GEOELÉCTRICA. Segundo Hartley ([1]), cerca de 98 % de toda a água, existente na natureza, é salgada e constitui os mares e oceanos. Os restantes 2 % são quase, na sua totalidade, preenchidos pelos gelos acumulados nas calotes polares, pois sòmente 0,04 % do total constituem a água dos rios e dos lagos.

O ciclo hidrológico da atmosfera (evaporação condensação), processado sob a acção da radiação solar e do qual depende a existência da vida, apenas movimenta 1/100 000 da água existente no globo terrestre. Deste modo o homem ao pretender obter as quantidades de água doce de que necessita, encontra-se dependente das chuvas, dos lagos, dos rios e nascentes, e ainda das reservas existentes no subsolo.

Sob o ponto de vista da hidrogeologia industrial, a água ocorre no subsolo sob três aspectos distintos: ([2])

Água freática contida nos poros dos terrenos sedimentares ou nos interstícios das formações aluvionares.

Água contida em fracturas ou falhas de formações rochosas.

Água contida em galerias ou cavernas cavadas no subsolo pela dissolução dos calcários (*Karst*), ou resultantes da retracção e *fluência* de lavas vulcânicas durante a solidificação.

Nos depósitos aluvionares, ou nos terrenos provenientes da alteração superficial das formações rochosas, solos arenosos, saibrosos, detríticos, conglomerados fracamente consolidados, etc., a água das chuvas caminha, sob a acção da gravidade, através dos interstícios permeáveis da estrutura sólida, até encontrar uma formação impermeável que impeça o seu movimento segundo a vertical. Pode acontecer que, sob certas condições geológicas, a água venha a encontrar maior ou menor dificuldade de escoamento, começando-se a acumular no subsolo, preenchendo todos os vazios até determinada altura, dando origem ao que normalmente se designa por uma toalha aquífera, a qual é superiormente limitada pelo nível freático.

As toalhas aquíferas constituem, sem dúvida, a principal reserva de águas subterrâneas susceptíveis de captação. A sua ocorrência é relativamente elevada em terrenos de média permeabilidade, desde que as condições climatéricas e topográficas não sejam totalmente desfavoráveis ao seu estabelecimento. A pesquisa de estratos aquíferos é relativamente simples e as captações efectuadas em tais formações podem fornecer elevados caudais em condições econòmicamente aceitáveis sob o ponto de vista industrial.

Por vezes, sob determinadas condições geolócas, poderá o terreno apresentar-se, na sua generalidade, fortemente consolidado sob uma forma rochosa, mais ou menos compacta e impermeável. Em tais circunstâncias, a água só poderá ser encontrada numa pequena camada superficial, sob a forma de uma toalha freática, eventualmente instalada nos solos resultantes da alteração da rocha, ou condicionada pela existência de falhas, ou zonas de fracturação mais ou menos acentuada. As falhas, resultantes de eventuais movimentos tectónicos da crusta terrestre, constituem preciosos elementos geológicos, cuja prospecção se torna indispensável para

([1]) — Sir Harold Hartley. *The engineer's contribution to the conservation of natural ressources*. Procedings of Civil Engineers, Number 5, Setember 1955.

([2]) — Höfer-Heimhalt, Hans, *Grundwasser und Quellen*, pp. 115-121, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweigh, Germany, 1920.

a resolução dos problemas relacionados com a pesquisa hidrogeológica de determinadas regiões, pois condicionam, por completo, a retenção, a percolação e o caminhamento das águas subterrâneas. Quando a fracturação atinge profundidades razoáveis poderá verificar-se, em certos casos, a instalação de uma eventual toalha freática, normalmente de baixo rendimento, constituída pela água contida entre as fracturas da formação rochosa.

No caso de existirem falhas geológicas na zona de pesquisa, torna-se indispensável um completo reconhecimento da sua orientação e extensão, pois o êxito das captações poderá ser totalmente condicionado por tais acidentes tectónicos, no que se refere à localização dos poços ou furos de extracção. Uma falha geológica, quando bem prospectada, poderá ser utilizada como colector de águas subterrâneas, ligado às obras de captação, tornando viável a obtenção de elevados caudais em formações aparentemente estéreis sob o ponto de vista hidrogeológico. Em contrapartida, a mesma falha geológica, quando preenchida por materiais impermeáveis, poderá funcionar como cortina estanque, reduzindo, por completo, todo o êxito que se pretendia obter, uma vez que as obras de captação não se encontrem devidamente localizadas relativamente a tal acidente tectónico.

Poderemos ainda considerar o problema da pesquisa de águas em formações geológicas exibindo permeabilidade em grande, à semelhança do que acontece com os calcáreos cavernosos ou com determinadas formações de origem vulcânica. No primeiro caso, a água poderá caminhar ao longo de galerias subterrâneas ou encontrar-se parcialmente retida em cavernas provocadas pela dissolução química dos calcáreos sob a acção de águas bicarbonatadas. Por vezes tais galerias atingem grandes dimensões e através delas caminham verdadeiros cursos de água subterrâneos, alimentados pelos caudais que se infiltram a partir da superfície do solo.

No caso das formações basálticas poderá verificar-se a existência de galerias ou cavernas cuja génese é explicada por fenómenos de retracção e *fluência* das lavas vulcânicas durante a solidificação, ou pelo carreamento progressivo de materiais fortemente erodíveis, tais como cinzas vulcânicas, inicialmente retidas entre mantos rochosos correspondentes a fases distintas da erupção. Tais cavernas poderão armazenar apreciáveis reservas aquíferas ou exibir mesmo uma continuidade tal, que permita, à semelhança do que acontece com os calcáreos cavernosos, o estabelecimento de cursos de água subterrâneos.

A pesquisa e captação de águas subterrâneas em formações cavernosas constitui um dos mais difíceis e delicados problemas da hidrogeologia, qualquer que seja o método de pesquisa adoptado, embora na prática se constate que tais formações são susceptíveis de fornecer elevados caudais.

Independentemente da forma sob a qual se dá a ocorrência da água, os valores observados através de simples medições da resistividade eléctrica do subsolo, raramente constituem, por si só, uma solução para o problema da pesquisa hidrogeológica. Embora, na sua generalidade, os valores da resistividade eléctrica decresçam com a quantidade de água existente no terreno, nada nos garante que a melhor localização das obras de captação venha a ser condicionada pelas zonas de resistividade eléctrica mais baixa.

Mesmo na hipótese de se pretender um simples complemento do reconhecimento geológico superficial, de pouco servem as informações baseadas nos valores das resistividades eléctricas observadas, embora em muitos tratados e monografias se encontrem várias tabelas de resistividades correspondentes a um grande número de terrenos. A utilização de tais tabelas presta-nos menos serviços do que a experiência prática do investigador, aliada a uma perfeita interpretação da geologia superficial do terreno em estudo e, se possível, ao reconhecimento directo da estratigrafia do subsolo através da abertura de dois ou mais furos de sonda para aferição e controle dos resultados da prospecção geofísica. A abertura de tais furos permitirá correlacionar os resultados da prospecção geofísica com a estratigrafia do local, tornando possível a extrapolação dos resultados, a grandes áreas, com uma segurança tècnicamente aceitável.

Uma completa solução do problema da pesquisa hidrogeológica, correspondente a determinada área em estudo, é normalmente obtida por aproximações sucessivas, através de uma ponderada consideração dos parâmetros, clima, topografia, informação geológica superficial, prospecção geofísica, sondagem mecânica para aferição e correlação dos diferentes resultados, etc

4.1 — *Toalhas freáticas.* Tanto nos terrenos aluvionares como nos solos provenientes da alteração das formações rochosas, as águas caminham através dos interstícios permeáveis da estrutura geológica, tal como acontece nos burgaus, sedimentos arenosos, saibrosos, conglomerados mais ou menos fissurados, etc. Tais estratos permeáveis podem encontrar-se dispostos sob determinada ordem, dando origem a múltiplos horizontes aquíferos sobrepostos e separados uns dos outros por camadas impermeáveis e estéreis, geralmente constituídas por formações mais ou menos argilosas, as quais constituem verdadeiras vedações ao caminhamento das águas subterrâneas.

No caso mais simples, as toalhas freáticas podem apresentar-se sob a forma de um horizonte contínuo, de grande extensão e espessura, sem que se verifique qualquer diferenciação de camadas geológicas, no que se refere à permeabilidade. Estratos aquíferos deste tipo são frequentes nas proximidades do curso médio e inferior dos grandes rios correndo sobre as aluviões depositadas em zonas de planície. Tais estratos são normalmente alimentados à custa das perdas do próprio rio; derivam de alguns leitos outrora existentes e posteriormente substituídos por outros escavados em terrenos mais permeáveis e localizados nas suas proximidades.

A existência de um horizonte aquífero deste tipo pressupõe que, durante um longo intervalo de tempo geológico, o caudal sólido do rio permaneceu aproximadamente constante, sem que se tivessem verificado quaisquer invasões marinhas, pois no caso de ter existido um ritmo de alternâncias da actividade oceânica traduzir-se-ia, geològicamente, por uma sequência estratigráfica a que corresponderiam horizontes aquíferos múltiplos resultantes de diferentes épocas de erosão e depósito.

Em determinadas regiões em que ao processo erosivo do rio se seguiu um longo intervalo de tempo, caracterizado pelo transporte e deposição de um caudal sólido constituído por materiais de grandes dimensões, e se, por razões especiais, tais como uma eventual mudança brusca do declive da plataforma continental, esses materiais não puderam ser carreados para o mar, o rio poderá ter desaparecido sob o seu próprio leito, dando origem ao estabelecimento de toalhas freáticas de grande extensão em zonas, por vezes, bastante distantes do actual curso de água superficial.

Em face da elevada permeabilidade de tais estratos aquíferos, pode acontecer que as águas subterrâneas atinjam velocidades susceptíveis de provocar uma transformação progressiva da própria estrutura granulométrica do terreno, dentro de um processo erosivo mais ou menos evolutivo. Partículas de menores dimensões, constituintes do solo, ou resultantes da desagregação e lavagem de calhaus de maiores dimensões, a partir de determinada velocidade de escoamento, podem ser arrastadas e depositadas em zonas de menor agitação, ou em locais em que a água corre com menor velocidade, dando origem a estratos lenticulares de menor permeabilidade. Um único horizonte aquífero de grandes dimensões poderá, por esta via, ser transformado numa formação hidrogeológica de horizontes múltiplos.

Casos há em que a toalha freática se encontra instalada no leito de um curso de água outrora existente, escavado em formações mais ou menos argilosas, e posteriormente preenchido por materiais sedimentares de elevada permeabilidade. Neste caso a toalha freática encontra-se limitada pela forma e dimensões do antigo vale, dando origem ao que normalmente se designa por um *filão aquífero.*

Sob determinadas condições, a sedimentação de tais leitos argilosos ou mesmo de determinadas bacias lacustres, processou-se de tal modo que a maioria dos interstícios indispensáveis à livre circulação das águas subterrâneas foram na sua maior parte colmatados. Tais materiais, sob a acção, posterior, de fortes pressões de natureza geológica, podem ter dado origem à formação de conglomerados cujo rendimento aquífero ficará altamente condicionado pela sua permeabilidade e estado de maior ou menor fissuração.

* * *

Tal como anteriormente foi referido, as medições geoeléctricas para localização e delimitação de estratos aquíferos, são quase sempre condensadas e analisadas sob a forma de gráficos traduzindo resultados de sondagens geoeléctricas ou de perfis de resistividade a profundidade constante. Os gráficos das sondagens são traçados de forma que as resistividades aparentes do terreno venham dadas em função da profundi-

dade de pesquisa, normalmente expressa pela relação AB/2, quando da aplicação do dispositivo geométrico de *Schumberger*, ou AB/3 quando da aplicação do dispositivo de *Wenner*, em que AB representa a distância entre eléctrodos de corrente.

Desde que exista um nítido contraste geoeléctrico entre os vários estratos geológicos que se pretendem detectar, o gráfico da sondagem eléctrica exibirá uma forma geométrica característica de tal situação; este facto tornará possível o estabelecimento de determinadas hipóteses, não só no que se refere ao número de camadas em presença, profundidades de jazida, sua espessura, etc., mas ainda a obtenção de importantes informações respeitantes à sua permeabilidade, as quais se encontram implícitas nos valores das resistividades eléctricas observadas.

tividade eléctrica. Tais curvas traduzem o caso teórico das resistividades dos diferentes estratos obedecerem às relações existentes junto de cada gráfico, não tendo sido formulada qualquer hipótese no que se refere às suas espessuras e profundidades de jazida. Escusado será referir que a existência de um nível freático a determinada profundidade quase sempre desdobra uma camada geológica em dois estratos geoelèctricamente distintos, enquanto a hipótese inversa só em condições muito excepcionais se podará verificar.

Realizados os ensaios de campo e traçadas as curvas $\rho = f(a)$ ou $\rho = f(AB/2)$, dadas pelas equações (11) e (12), poderemos obter rápidas informações sobre a profundidade do *bedrock*, número de camada geoelèctricamente distintas que constituem o subsolo da região prospectada,

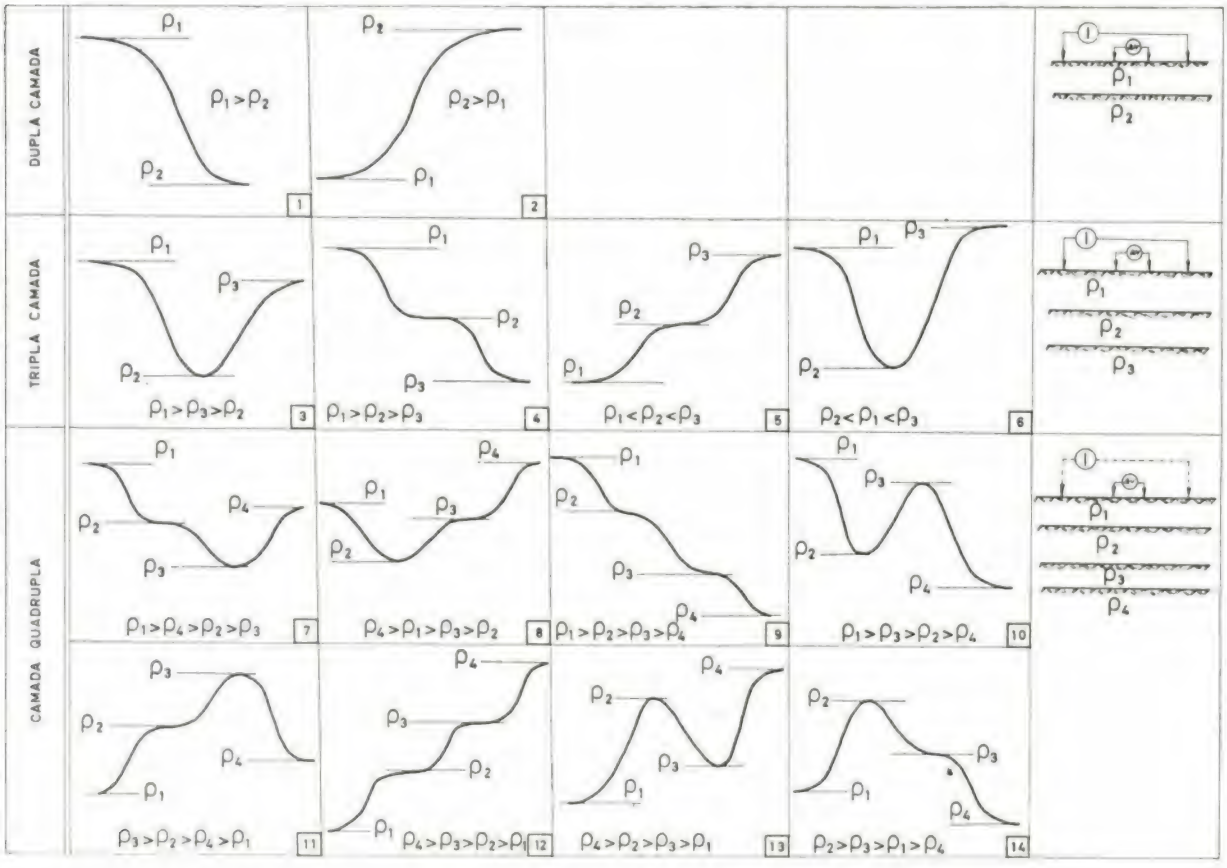


Fig. 11 — Conjunto de curvas características de sondagens geoeléctricas.

Na fig. 11 apresenta-se um conjunto de curvas de sondagem, características de terrenos formados por 2, 3 e 4 camadas distintas e diferenciadas no que se refere aos valores da sua resis-

sua espessura, profundidade de jazida, etc., embora nada se possa afirmar de concreto quanto à produtividade dos estratos. Apenas algumas hipotéticas informações, respeitantes a uma even-

Poclain T.Y. 45

Escavadora-Retro Escavadora-Grua

- POTÊNCIA AUMENTADA
- ROTAÇÃO TOTAL E CONTÍNUA
- ESTABILIDADE 100 %
- 20 BALDES DIFERENTES

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

Sociedade de Mecanização Industrial e Agrícola, S. A. R. L.
Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8-B-1.º — LISBOA
Telefone: 72 40 53 / 4 / 5

SMEIA

INDUSTRIAIS TEXTEIS

PARA OS VOSSOS MANCHONS, FLANELAS, TRANSPORTADORES,
E TODOS OS TECIDOS TÉCNICOS

EM FIBRAS NATURAIS OU SINTÉTICAS

Consultem:

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 52093-52094
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

FLUIDO E MASTIC

IMPERMEABILIZAÇÕES

TORNA TUDO ESTANQUE

Impermeabilização e vedação perfeita de:

Terraços, Empenas, Algerozes, Clarabóias,
Paredes húmidas, Coberturas, Fendas,
Juntas de dilatação, etc., etc.

Fácil aplicação — Elasticidade excepcional
Não endurece nem apodrece

ROOFATEX **À base de borracha + alumínio**

Reforça a acção impermeabilizante do «Rubio», dando às construções um aspecto agradável — Protege todos os materiais contra a humidade, a ferrugem e a corrosão

RUBIO E ROOFATEX dois produtos que se completam

Representante exclusivo: Orlando Fernandes

Rua Palmira, 46-A-B-C — LISBOA-1 — Telefs. 83 01 63 - 84 26 39 — End. teleg. «ORFER»

tual presença de estratos aquíferos, estarão implícitas nos valores da resistividade eléctrica das camadas prospectadas.

A resistividade eléctrica de uma toalha freática, contendo água potável, é bastante variável, podendo situar-se entre os 40 a 50 Ω.m em areias argilosas, terrenos resultantes da decomposição dos granitos, etc., até valores superiores a 100 Ω . m em camadas aluvionares constituídas por areias, calhaus rolados, etc. Resistividades muito baixas, inferiores a 20 Ω . m, denunciam a existência de águas salinas ou formações fortemente argilosas e improdutivas em face da sua elevada retenção específica.

No entanto, uma curva $\rho = f$ (AB/2), caracterizada por baixos valores de ρ, correspondente a uma formação aparentemente estéril sob o ponto de vista hidrogeológico, poderá exibir alguns máximos locais de pequena amplitude, por vezes difíceis de detectar a grande profundidade, os quais poderão apresentar algum interesse por traduzirem a existência de estratos aquíferos de grande permeabilidade, embora seja bastante reduzida a sua espessura.

A prospecção geoeléctrica, embora possa ser levada até profundidades superiores a 300 m, verifica-se, experimentalmente, que a precisão dos resultados decresce muito ràpidamente com este parâmetro, especialmente em terrenos de baixa resistividade. Para além dos 100 m de profundidade torna-se difícil detectar a presença de camadas geológicas com uma espessura inferior à dezena de metros, mesmo que o seu contraste geoeléctrico seja bastante acentuado, relativamente aos estratos contíguos.

A falta de contraste entre estratos geològicamente distintos constitui, quase sempre, a maior dificuldade da prospecção geoeléctrica. Por vezes, a diferença entre as resistividades de estratos contíguos não permite a obtenção de gráficos susceptíveis de serem interpretados com razoável precisão. A prospecção eléctrica, quando aplicada a terrenos nestas condições, sòmente nos fornece elementos respeitantes à resistividade do meio, elementos esses, por vezes, de grande utilidade quando se pretendem determinar as zonas de maior permeabilidade do subsolo.

A título de exemplo citaremos o caso das zonas aluvionares, localizadas junto do curso inferior de determinados rios, onde o nível freático se encontra pràticamente à superfície, tornando-se mesmo necessário proceder à abertura de valas para enxugo superficial das terras, tendo em vista a sua recuperação agrícola. Sucede que, em terrenos deste tipo, nem sempre é possível o estabelecimento de uma captação de águas freáticas capaz de fornecer apreciáveis caudais. Embora o terreno se encontre totalmente saturado, a sua permeabilidade pode não ser suficiente para que as águas possam caminhar livremente para as obras de captação. A localização de um poço nestes terrenos, a partir de simples informações geológicas superficiais, só por acaso poderá ser acertada de forma a fornecer caudais dignos de registo.

Por outro lado, tratando-se de formações do tipo errático, em que os materiais de maior permeabilidade foram depositados pelo rio de uma forma um tanto ou quanto caprichosa e ocasional, a sua prospecção geológica apresenta-se bastante difícil, e econòmicamente proíbitiva, através dos tradicionais métodos de sondagem mecânica. Constitui, no entanto, um problema de fácil solução através das técnicas de prospecção geoeléctrica, pois os locais mais favoráveis às captações corresponderão geralmente a zonas de resistividade eléctrica mais elevada.

A demarcação de tais zonas é normalmente obtida a partir de uma série de perfis de resistividade ensaiados para duas ou mais profundidades de pesquisa. Neste caso as profundidades mais convenientes, para a pesquisa, são fixadas a partir da análise dos resultados obtidos numa larga malha de sondagens eléctricas, levadas até profundidades superiores às que se pretendem atingir com as obras de captação, cobrindo toda a área que se pretende prospectar em pormenor.

Na fig. 12 apresentam-se alguns resultados típicos de tais terrenos, correspondentes a 3 sondagens geoeléctricas efectuadas numa várzea aluvionar do Rio Grande (no local da Quinta do Rol) ([1]), tendo em vista uma pesquisa de águas para fins agrícolas. Tais sondagens encontravam-se afastadas cerca de 50 m e visavam a escolha da melhor profundidade de pesquisa para a aplicação de perfis de resistividade a profundidade

([1]) Sob o ponto de vista geológico, trata-se de uma formação aluvionar depositada sobre terrenos do *Jurássico*, constituídos por argilas com algumas intercalações de grés.

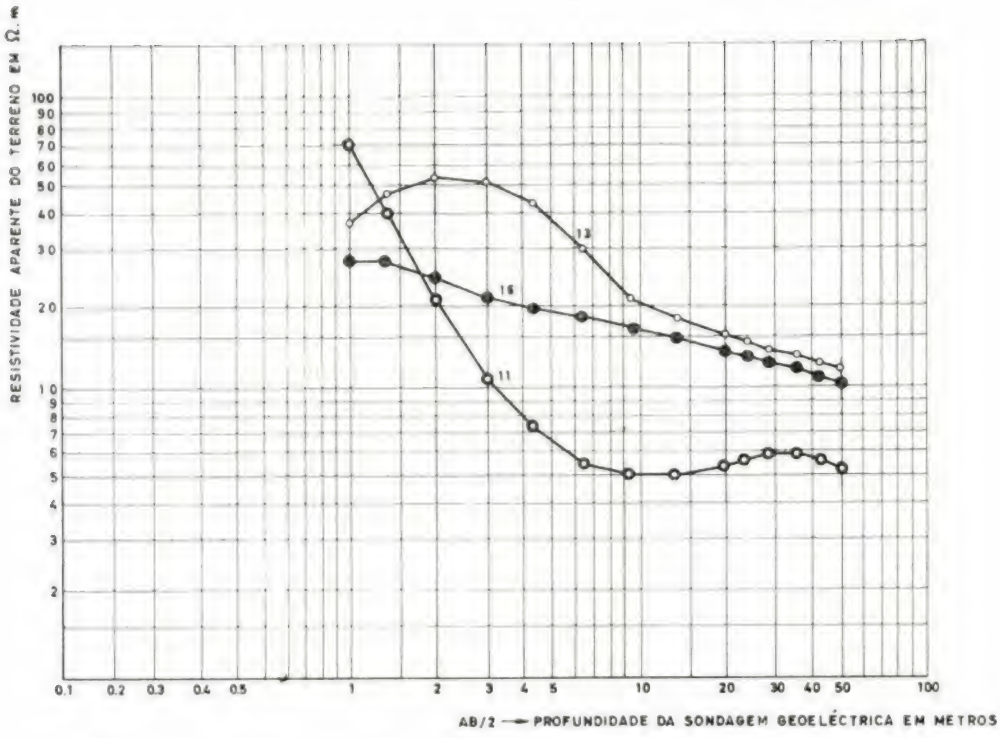


Fig. 12 — Curvas de sondagens geoeléctricas realizadas numa formação aluvionar.

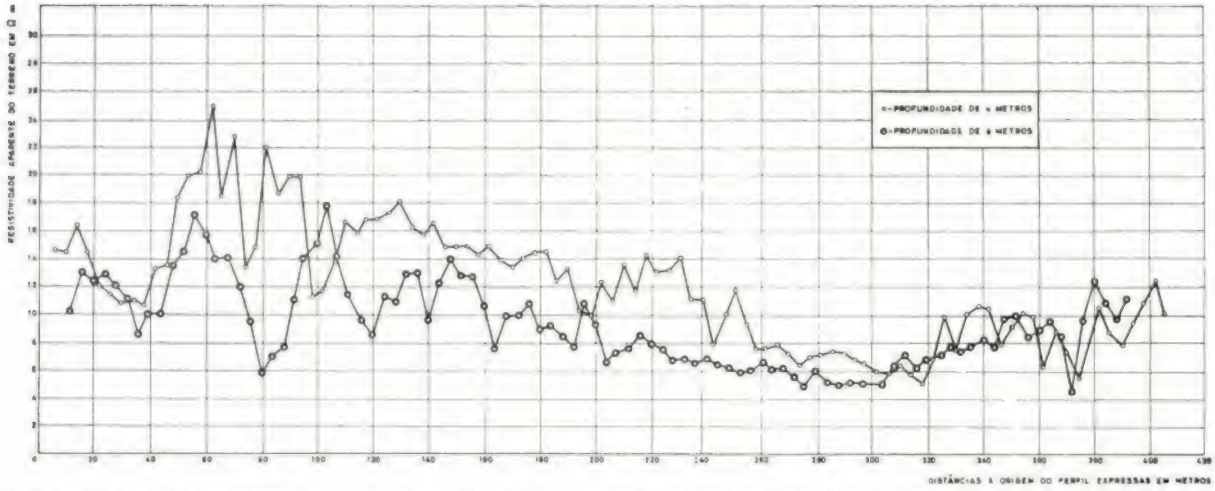


Fig. 13 — Perfil de resistividade a profundidade constante. Resultados obtidos sobre uma formação aluvionar.

constante. Na fig. 13 apresentam-se alguns resultados de uma pesquisa por perfis, efectuada na área anteriormente referida, encontrando-se bem patentes as zonas de maior permeabilidade do terreno, as quais correspondem aos máximos da resistividade eléctrica.

O pormenor a atingir com uma prospecção deste tipo dependerá fundamentalmente da importância do problema que se pretende resolver: em casos extremos, poderá ser levado ao ponto de tornar possível o traçado de cartas contendo linhas de igual resistividade eléctrica, correspondentes a diferentes planos de nível, situados abaixo da superfície livre do terreno, o que permitirá localizar as obras de captação com elevada precisão e segurança.

De igual modo se poderá proceder quando da pesquisa geoeléctrica de *filões aquíferos*, os quais aparecem, quase sempre, bem demarcados sobre as cartas de igual resistividade eléctrica do ter-

reno, uma vez que os respectivos estudos sejam elaborados com o pormenor adequado a cada caso.

As cartas de resistividade a profundidade constante são ainda utilizadas na pesquisa de camadas geológicas que possam comportar o armazenamento de grandes quantidades de água, através do estabelecimento de verdadeiras toalhas freáticas artificiais. Durante o período de estiagem as águas são bombadas de rios ou lagos existentes nas proximidades, de forma a manter as elevadas reservas que alimentam as obras de captação eventualmente instaladas em tais formações. Deste modo se reforçam os deficientes caudais de abastecimento urbano, sem necessidade de proceder ao indispensável tratamento de águas superficiais, ou a modificações no sistema de captações já existente.

Outra aplicação das cartas de resistividade visa o estudo topográfico, de pormenor, do «*bedrock*» das bacias de alimentação das captações abastecedoras de grandes aglomerados populacionais, para evitar a poluição das águas subterrâneas pelos resíduos de futuras instalações industriais, ou pelo esgoto das próprias edificações urbanas.

* * *

A prospecção, e avaliação da salinidade das águas subterrâneas existentes nas zonas costeiras reveste-se de grande interesse prático, quer para a alimentação de aglomerados populacionais, quer para o abastecimento de portos e indústrias marítimas.

O estudo das condições hidrogeológicas de tais regiões constitui um dos mais interessantes problemas da pesquisa geoeléctrica.

As águas salgadas ao tenderem infiltrar-se através dos terrenos permeáveis existentes ao longo da costa, são contrariadas e equilibradas pela pressão hidrostática da toalha aquífera continental normalmente instalada a determinada altitude. Em tais condições a água salgada não penetra na formação geológica continental, verificando-se mesmo, no interior do terreno, uma acentuada descida da superfície limite de separação *água doce — água salgada* relativamente ao nível médio do mar.

Na fig. 14 apresenta-se o caso teórico de uma ilha constituída por formações geológicas permeáveis *em pequeno*, e onde se encontra instalada uma toalha freática de pequena altura relativamento ao nível médio do mar.

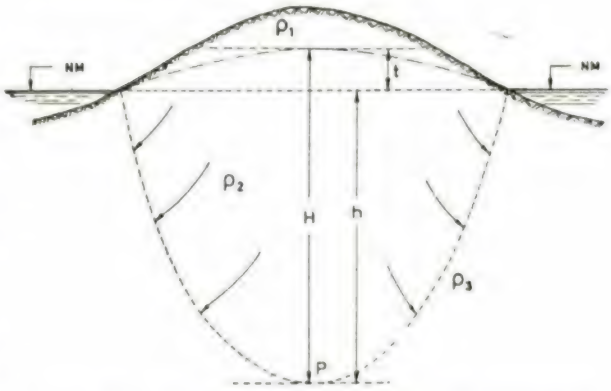


Fig. 14 — Esquema correspondente ao equilíbrio *água doce, água salgada*, verificado numa ilha.

Sob o peso da água doce, a água salgada reflui no sentido da vertical até se estabelecer em cada ponto, tal como *P*, um estado de equilíbrio dado pela expressão.

$$H = h + t = h\,\gamma \qquad (13)$$

em que,

H — espessura total da camada de água doce
h — máxima profundidade da água doce existente abaixo do nível do mar
t — altura da toalha freática existente acima do nível do mar
γ — peso específico da água do mar = 1,027.

Nestas condições teremos:

$$h = \frac{t}{\gamma - 1} \quad \text{ou} \quad h = 37\,t \qquad (14)$$

Daqui se conclui que o rebaixamento da toalha de água salgada é aproximadamente igual a 37 vezes a altura do nível freático existente acima do nível do mar.

Verifica-se experimentalmente, que os valores de *h* decrescem muito ràpidamente à medida que a permeabilidade do terreno aumenta. Em zonas de permeabilidade *em grande*, constituídas por calcáreos cavernosos ou por determinadas formações basálticas, o rebaixamento da toalha de água salgada é pràticamente insignificante.

A resolução de problemas deste tipo poderá ser fàcilmente abordada por intermédio de sondagens geoeléctricas, efectuadas a partir da su-

perfície livre do terreno e levadas até grande profundidade.

Os resultados obtidos, numa prospecção deste tipo, corresponderão a curvas características de 3 camadas distintas, cujas resistividades eléctricas satisfazem a relação $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$ (fig 11) em que,

ρ_1 — resistividade do terreno acima do nível freático

ρ_2 — resistividade do terreno saturado de água doce

ρ_3 — resistividade do terreno saturado de água salgada

Em face da baixa resistividade da água salgada, o contraste geoeléctrico entre os diferentes estratos resulta elevado, o que torna a interpretação dos resultados bastante simplificada.

Como fàcilmente se compreende, a bombagem de água doce, a partir de formações hidrogeológicas deste tipo, carece de especiais cuidados de controle. Os valores de t na relação (14) devem ser mantidos acima de determinado valor para que h não resulte demasiadamente reduzido, o que teria como consequência prática o grave inconveniente da penetração da água salgada nas obras de captação.

4.2 — *Água contida em fracturas e falhas de formações rochosas.* A pesquisa de águas em terrenos rochosos não cavernosos constitui um problema de capital importância, pois o abastecimento de uma grande parte dos aglomerados populacionais, localizados em zonas de altitude, é obtido a partir de formações deste tipo.

Sob o ponto de vista hidrogeológico poderemos considerar estas formações subdivididas em 3 zonas distintas de terreno, às quais se torna necessário aplicar técnicas de pesquisa ligeiramente diferenciadas.

Assim, teremos uma primeira camada superficial, constituída por solos resultantes dos produtos de meteorização da rocha mãe, a qual exibirá uma pujança variável entre alguns centímetros e muitas dezenas de metros. Esta camada apresenta uma espessura bastante irregular, características granulométricas variáveis, e poderá conter uma toalha freática de interesse hidrogeológico, embora circunscrita a determinada zona do terreno.

Encontram-se neste caso os terrenos saibrosos, resultantes da decomposição do granito, as formações mais ou menos argilosas e detríticas provenientes da alteração dos xistos, etc.

Subjacente à camada de decomposição superficial encontra-se uma segunda zona de espessura variável, constituída por rochas fracturadas, diaclasadas, exibindo planos de estratificação e xistosidade mais ou menos acentuados, heterogeneidades essas que conferem ao terreno alguma permeabilidade, a qual torna possível o armazenamento da água e a sua percolação.

À medida que a profundidade aumenta, as fracturas não só apresentam menores dimensões como aparecem com menor frequência, podendo o terreno rochoso tornar-se pràticamente impermeável.

Numa terceira camada, abaixo da zona de fracturação da rocha, apenas se poderá admitir a hipótese da existência de água contida em qualquer falha de origem tectónica que porventura tenha cortado o *bedrock* até grande profundidade, e se encontre na maior parte preenchida por materiais de elevada permeabilidade de forma a facilitar o armazenamento e a percolação.

Embora, sob o ponto de vista hidrogeológico, tivéssemos considerado as formações rochosas subdivididas em 3 zonas distintas, não se pode concluir que tal sequência de camadas se verifique sempre conjuntamente.

No caso da pesquisa geoeléctrica visar sòmente a camada de alteração superficial o método geoeléctrico apresenta um elevado poder de resolução, pois tudo se resumirá em localizar um nível freático num terreno pràticamente homogéneo. Para profundidades inferiores à espessura da camada decomposta os gráficos geoeléctricos serão característicos de 2 camadas (tipo I, fig. 11), em que a superfície de separação coincide aproximadamente com o nível freático.

Na prática, o problema não se apresenta com tamanha simplicidade, em virtude da acentuada irregularidade verificada na superfície limite de separação da camada correspondente ao maior ou menor estado de alteração da rocha. A meteorização processa-se de uma maneira um tanto ou quanto irregular dando origem a bolsadas de terreno decomposto, mais ou menos extensas e profundas, por vezes difíceis de detectar a partir de simples sondagens eléctricas. Numa primeira

fase dos ensaios não se sabe até que ponto as condições teóricas, indispensáveis à aplicação do método de pesquisa, por sondagem, são satisfeitas pela geologia do local, de forma a que a interpretação dos resultados possa ser efectuada com o indispensável rigor. Por tal motivo se recorre frequentemente a uma prévia elaboração de cartas de resistividade, traçadas para diferentes profundidades de pesquisa, de forma a obter, embora de uma maneira aproximada, as curvas de nível do *bedrock* impermeável e da superfície limite de separação do terreno decomposto e da rocha alterada.

Uma vez conhecidas as cartas de resistividade já os ensaios por sondagem eléctrica poderão ser planificados e realizados de forma a obter informações mais precisas, relativamente à espessura das diferentes camadas de terreno, profundidade do nível freático, eventual permeabilidade do meio, etc.

Terreno decomposto, existente acima do níve freático, exibindo uma resistividade ρ_1.

Terreno decomposto, existente abaixo do nível freático, exibindo uma resistividade ρ_2.

Rocha fracturada e saturada exibindo uma resistividade ρ_3.

Rocha compacta, exibindo uma resistividade ρ_4.

Consoante a época do ano, em que for realizada a pesquisa, assim teremos valores de ρ_1 muito altos ou muito baixos relativamente à resistividade ρ_4 da rocha compacta. Nestas condições os gráficos das sondagens geoeléctricas poderão corresponder a curvas do tipo 7 ou 8 (fig. 11), respectivamente para a época de estiagem e das chuvas.

Os valores da resistividade eléctrica destas formações são muito variáveis, indo de 30 a 40 Ω.m nos calcáreos brandos ou ligeiramente

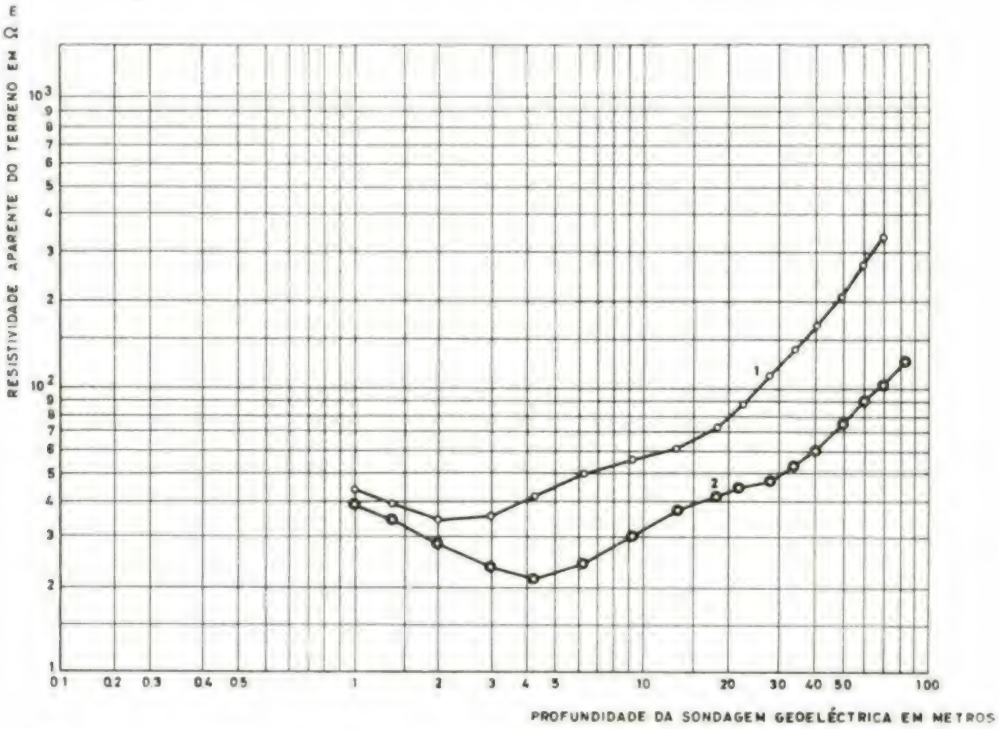


Fig. 15 — Gráficos de sondagens geoeléctricas efectuadas na camada de alteração superficial de uma formação granítica.

No caso mais geral os resultados das sondagens geoelétricas, efectuadas em formações rochosas, traduzirão a existência de 4 camadas distintas no que se refere aos valores da sua resistividade:

margosos, até valores superiores a 1000 Ω.m nos granitos, quartzitos, basaltos, alguns xistos, etc.

Na fig. 15 apresentam-se os resultados de 2 sondagens geoeléctricas, para pesquisa de águas, efectuadas sobre a camada de alteração

superficial de uma formação granítica. De tais resultados conclui-se que o nível freático se situa a — 1,5 m, enquanto o «*bedrock*» impermeável se encontra a 20 e 30 m de profundidade, respectivamente nas sondagens 1 e 2. Os valores de ρ_2, correspondentes ao terreno saturado, encontram-se compreendidos entre 50 e 70 Ω.m, o que faz prever uma razoável permeabilidade, relativamente a outros valores mais baixos observados na área estudada.

A ocorrência de falhas de origem tectónica é normalmente evidenciada pelo estudo geológico superficial. Deste modo a prospecção geoeléctrica limitar-se-á a uma investigação de pormenor, por vezes circunscrita a zonas em que a camada de alteração superficial do terreno não permite a observação directa e, por conseguinte, uma exacta localização de tais acidentes tectónicos. A prospecção geoeléctrica poderá ainda, em casos muito especiais, fornecer alguns elementos relativamente a uma eventual, permeabilidade do material de enchimento das falhas.

A pesquisa é geralmente conduzida por perfis de resistividade a profundidade constante, ensaiados para diferentes profundidades orientados normalmente à falha, e espaçados de acordo com as circunstâncias e com o grau de pormenor que se pretende obter. A falha é normalmente evidenciada por um mínimo de ρ_a, relativamente ao valor médio da resistividade ρ'_a das formações rochosas existentes nas vizinhanças. Os valores de ρ_a vão tendendo para ρ'_a, à medida que a profundidade da pesquisa aumenta, o que dificulta a investigação de falhas muito profundas.

Deste modo se conseguem localizar falhas geológicas, não muito profundas, com uma precisão tal que dificilmente poderá ser ultrapassada por qualquer outra técnica de pesquisa.

4.3 — *Formações cavernosas.* A pesquisa de águas em formações geológicas cavernosas constitui um dos mais delicados problemas da hidrogeologia.

No que se refere à prospecção geofísica, o meio não é contínuo, homogéneo e elèctricamente isótropo, nem apresenta uma estratificação horizontal e paralela limitada por superfícies indefinidas. Tal facto reduz grandemente a viabilidade técnica de realizar uma pesquisa por sondagens eléctricas, razão porque os estudos são quase sempre orientados no sentido da aplicação de perfis de resistividade a profundidade constante.

Uma prospecção conduzida a partir da superfície do terreno poderá, na melhor das hipóteses, deparar com determinada anomalia geoeléctrica fornecer-nos a profundidade a que a mesma se encontra e dar-nos ainda uma ordem de grandeza da sua diferenciação eléctrica, relativamente às formações geológicas circunvizinhas.

Se a partir do reconhecimento geológico superficial formos levados a admitir a hipótese da existência de formações rochosas cavernosas, poderemos reunir os elementos provenientes das diferentes fontes de informação e analisá-los no sentido de investigar se se trata ou não de uma anomalia geoléctrica com interesse hidrogeológico.

Para que determinada anomalia possa ser detectada a partir da superfície do terreno torna-se indispensável que ocupe apreciável volume, em face da profundidade de jazida, e que a sua diferenciação geoeléctrica, relativamente às formações circunvizinhas, seja suficientemente elevada.

Só assim, a sua influência nas medições da resistividade eléctrica do conjunto geológico, não poderá ser atribuída à falta de precisão dos aparelhos de medida, a ligeiras preponderâncias da topografia, a heterogeneidades superficiais do terreno, etc.

Admitindo que, para além de determinado espaçamento de eléctrodos, a resistividade eléctrica de um conjunto de estratos geológicos, pode ser obtida através da aplicação da lei de *Kirchoff* (respeitante a resistências eléctricas colocadas em paralelo), poderemos avaliar as possibilidades técnicas de aplicação do método geoeléctrico na pesquisa de anomalias geológicas profundas.

No caso puramente teórico da existência de um lençol aquífero, de espessura h = 2 m, resistividade $\rho_2 = 50$ Ω.m, localizado a uma profundidade $h_1 = 98$ m, no interior de um maciço rochoso, homogéneo e indefinido, exibindo uma resistividade $\rho_1 = 1000$ Ω.m, teremos uma resistividade eléctrica aparente ρ_a dada pela expressão,

$$\frac{h_1 + h_2}{\rho_a} + \frac{h_1}{\rho_1} = \frac{h_2}{\rho_2} \qquad (15)$$

subtituindo teremos,

$$\frac{100}{\rho_a} = \frac{98}{1000} + \frac{2}{50} \quad \text{ou} \quad \rho_a = 725\ \Omega\,.\,\text{m}$$

Uma anomalia correspondente à hipótese anteriormente formulada seria detectada com uma resistividade aparente $\rho_a = 725\,\Omega \cdot m$, condição não muito favorável em face da resistividade eléctrica das formações circunvizinhas, heterogeneidades superficiais do terreno, erros de leitura dos aparelhos de medida, dificuldades de natureza topográfica, etc.

Para que determinada anomalia geológica possa ser elèctricamente detectada, torna-se indispensável que as hipóteses teóricas, relativas à aplicabilidade do método de pesquisa, sejam compatíveis com as condições geológicas do local a prospectar. No caso da pesquisa de cavernas ou galerias, tais condições de compatibilidade são geralmente satisfeitas no que se refere a uma nítida diferenciação geoeléctrica relativamente aos terrenos circunvizinhos, embora não se possa dizer o mesmo no que diz respeito a condições limites, e à relação entre o seu volume e a respectiva profundidade de jazida.

A prospecção é geralmente realizada por intermédio de perfis de resistividade a profundidade constante, orientados segundo determinada direcção, espaçados de algumas dezenas de metros e ensaiados para várias profundidades de pesquisa, de forma a que a anomalia que se pretende detectar fique geomètricamente enquadrada pelo campo de medida das montagens utilizadas. A distância entre pontos observados ao longo do perfil, embora dependa do pormenor que se pretende obter, é geralmente inferior à dezena de metros.

Deste modo se constata a existência de uma profundidade de pesquisa bem determinada, (valor de a na expressão (11) ou L/2 na expressão (12), para a qual a anomalia aparece mais evidenciada e caracterizada por um máximo ou um mínimo da resistividade eléctrica do terreno relativamente às formações geológicas adjacentes, as quais, na hipótese mais simplificada, apresentarão uma resistividade pràticamente constante. O valor de a ou L/2, que mais evidencia a anomalia, corresponderá muito aproximadamente à sua profundidade de jazida, (fig 16).

Tal profundidade só em casos muito especiais poderá ser confirmada por intermédio de sondagens eléctricas, dado que as condições teóricas indispensáveis à aplicação de tal técnica de pesquisa raramente são satisfeitas em terrenos cavernosos.

Sob o ponto de vista da pesquisa hidrogeológica, poderemos deparar com distintas situações, referentes a determinada caverna, embora a sua localização se encontre perfeitamente definida, ou pelo menos evidenciada sob o aspecto da prospecção geoeléctrica.

Assim, se a caverna existente no subsolo é evidenciada por um mínimo de ρ_a, relativamente às formações adjacentes, é muito provável que a mesma se encontre preenchida por água ou, na pior das hipóteses, por materiais de resistividade eléctrica muito baixa.

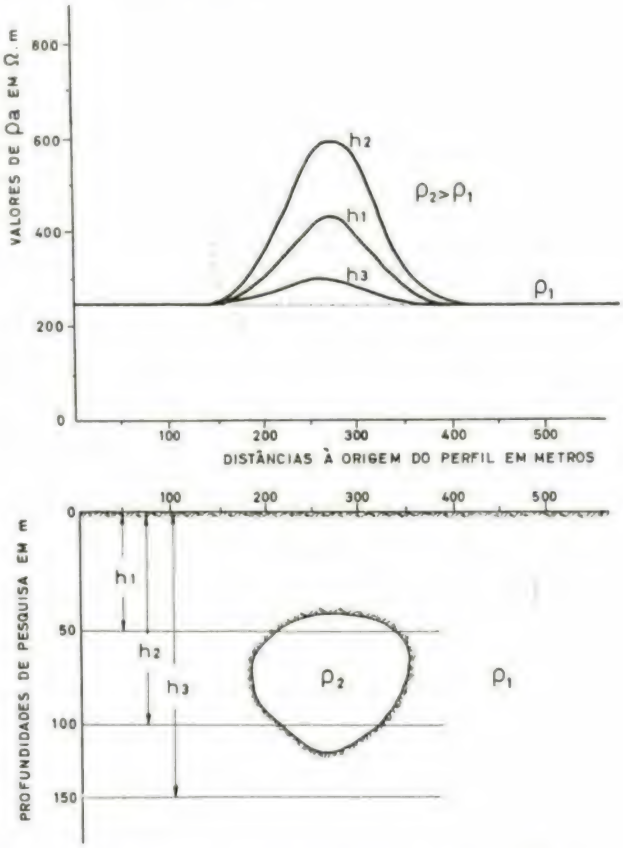


Fig 16 — Esquema correspondente a um perfil de resistividade a profundidade constante, efectuado sobre uma formação geológica contendo uma caverna vazia.

Na hipótese da caverna ser evidenciada por um máximo de ρ_a, muito pronunciado, é muito natural que a mesma se encontre completamente vazia de água. O máximo de ρ_a, surgirá como resultado da acentuada influência da elevada resistividade eléctrica do ar existente na caverna, cujo valor é pràticamente infinito. Por tal motivo as cavernas são mais fáceis de localizar quando vazias, como consequência do contraste geoeléc-

trico entre a rocha e o ar ser mais acentuado do que entre a água e a rocha.

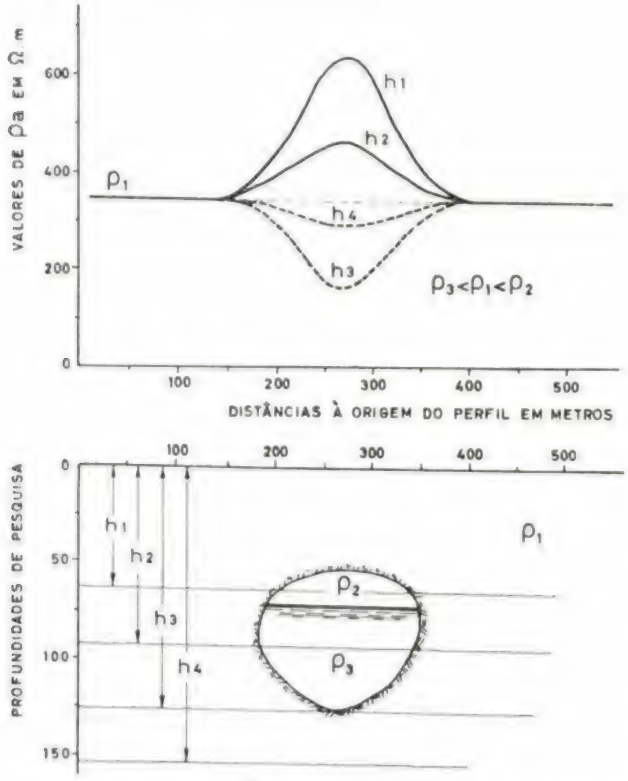


Fig. 17 — Esquema correspondente a um perfil de resistividade a profundidade constante, efectuado sobre uma formação geológica contendo uma caverna parcialmente preenchida por água.

Poderemos ainda considerar o caso intermédio da existência de um máximo ou um mínimo pouco pronunciado de ρ_a, cuja interpretação geoeléctrica corresponderá a uma eventual caverna parcialmente preenchida por água, (fig. 17). Escusado será dizer que para determinada relação entre o volume de ar e de água existente na caverna, a resistividade do conjunto poderá igualar a resistividade da rocha, o que, dentro de certos limites, conduzirá a uma indeterminação geoeléctrica.

As hipóteses anteriormente apresentadas correspondem a casos puramente teóricos. Na prática dificilmente se poderá admitir a existência de uma única caverna isolada numa formação rochosa, homogénea, contínua, etc. Em face da génese destas formações, existirão, quase sempre várias cavernas ligadas entre si por galerias de maior ou menor extensão, caprichosamente distribuídas por diferentes níveis do subsolo, de modo a invalidarem as condições teóricas de aplicabilidade do método geoeléctrico.

Por outro lado, na hipótese de se tratar de uma formação rochosa rica em cavernas, poderemos mesmo deparar com a dificuldade extrema de não saber distinguir a incógnita que se pretende determinar. Em tais condições, um mínimo de ρ_a poderá ser interpretado como uma zona de cavernas contendo água, embora corresponda à formação rochosa homogénea sem qualquer interesse hidrogeológico.

De qualquer modo, embora o método geoeléctrico possa ser criticado por falta de potencialidade e rigor, quando aplicado na pesquisa de águas em formações cavernosas, constitui, sem dúvida, um precioso instrumento de trabalho e uma valiosa fonte de informações de que o hidrogeologista deverá lançar mão, antes de ordenar a realização de dispendiosos trabalhos de prospecção mecânica, orientados por simples palpites ou baseados numa duvidosa e quase sempre falível informação geológica superficial.

BIBLIOGRAFIA

Fourmarier. P. — *Hydrogéologie.* Introduction a l'étude des eaux destinées a l'alimentations humaine et a l'industrie. Masson & Cie. Paris.

Heiland, C.A. — *Geophysical Exploration.* Prentice-Hall, New York, N. Y. 1940.

Irwin Roman — *Resistivity Reconnaissance.* Symposium on Surface and Subsurface Reconnaissance. American Society For Testing Materials. Atlantic City. N. J. June 19, 1951.

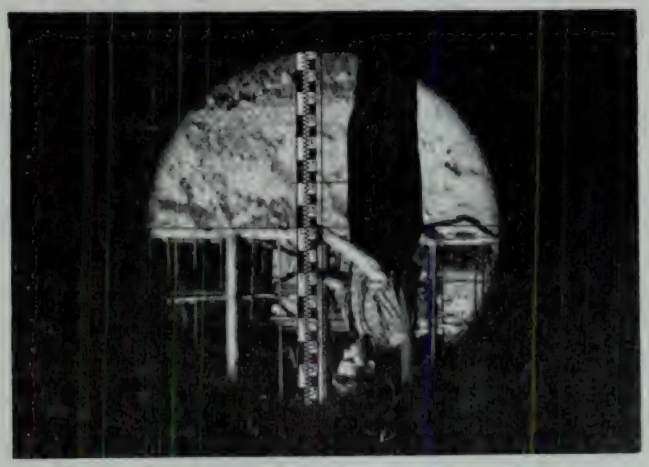
Jakosky — *Exploration Geophysics.* Second. Ed. Trija Publishing, Co., Los Angeles, Calif. (1950).

Moore, R. Woodward — *Earth-Resistivity Test Applied to Subsurface Reconnaissance Surveys.* Simposium on Surface and Subsurface Reconnaissance American Society for Testing Materials. Atlantic City, N. J. June 19, 1951.

Stratton, E.F. and R.D. Ford — *Electric Logging.* Subsurface Geologic Methods. A Symposim Compiled by L. W. Le Roy. Colorado School of Mines, Department of Publications Golden, Colorado, 1951.

Tolman, C. F. — *Ground Water.* Mc Graw-Hill Publishing Company, Ltd. Aldwych House, London, 1937.

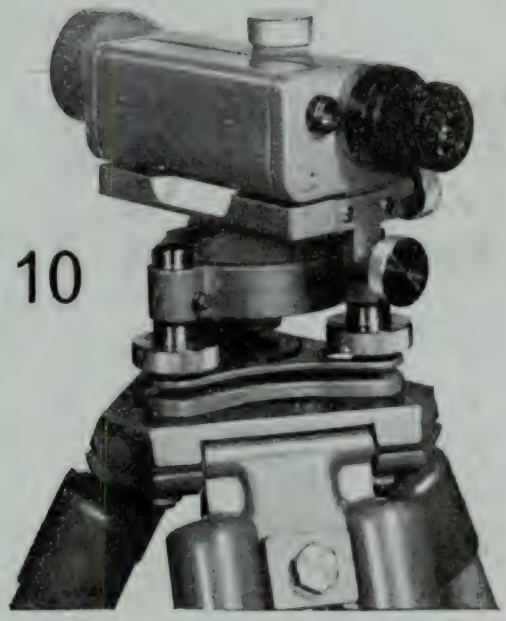
ANTIGAMENTE :



HOJE :

Com
imagem
direita
na luneta

WILD
HEERBRUGG



N 10

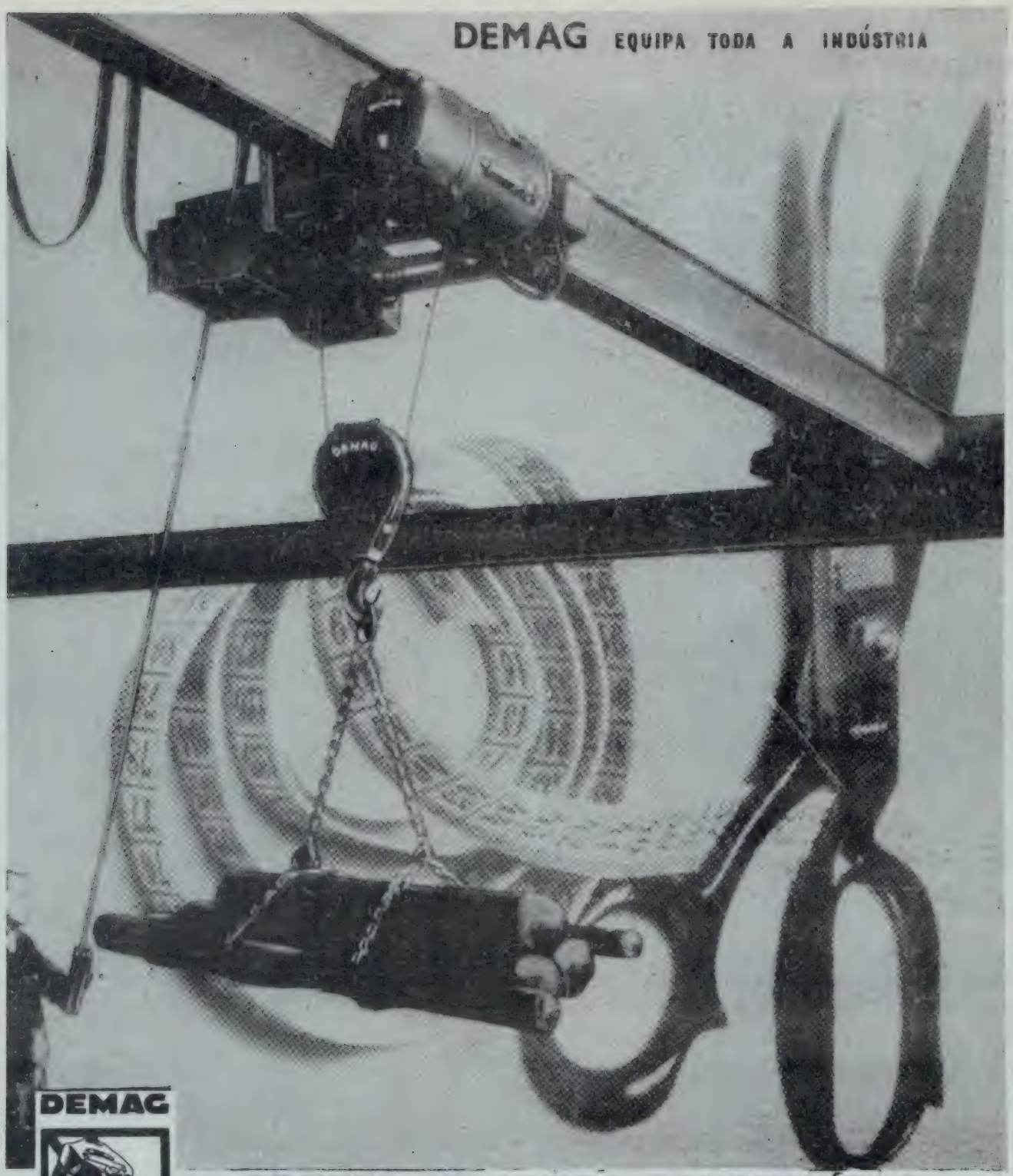
Trabalho cómodo e simples sem erros e sem dúvidas, sinais correctos, não invertidos, claros e rápidos.

O pequeno nível WILD N 10 com a designação «E» tem imagem direita do campo de observação na luneta. A mesma tem luminosidade igual ao modelo convencional e o mesmo tamanho.

Representantes exclusivos

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8
LISBOA-2 — TELEFONE 68 11 27



DEMAG

Aparelhos de elevação DEMAG

PONTES ROLANTES CONSTRUÍDAS SOBRE MEDIDA?

A ponte rolante Standard DEMAG é construída em série. Este tipo de construção pôs fim à necessidade de um ante projecto: nos nossos dias já não é necessário construir as pontes rolantes sobre medida.

A ponte rolante Standard DEMAG está na vanguarda da construção das pontes rolantes de amanhã. Por um preço vantajoso resolve duma forma moderna todos os problemas de manutenção. Já provou em milhares de casos.

Aproveite a experiência por nós adquirida durante dezenas de anos.

Consulte os nossos especialistas, o que lhe economiza tempo e dinheiro.

O seu sucesso será também o nosso.

ROMAR
ORGANIZAÇÃO AO SERVIÇO DA INDÚSTRIA

LISBOA Rua da Boa Vista, 81-C · 83-E Tel. PPC 67 21 61/2/3/4/5

PORTO Rua Sá da Bandeira, 589 Tel. 2 58 71

LOURENÇO MARQUES Av. Manuel de Arriaga, 55-1.º Tel. 5214

LUANDA Largo da República, 29 Tel. 4492

RÉSUMÉ

Les succès extraordinaires des procédés géophysiques de reconnaissance dans la recherche soit des pétroles soit de gisements minéraux importants a conduit à un développement rapide de ces procédés, ce qui a aussi mis en relief les avantages incontestables de leurs applications dans le domaine des reconnaissances hydrogéologiques.

Afin de satisfaire aux besoins d'eau pour le ravitaillement de populations en croissance continue, pour l'industrie, pour l'irrigation de nouvelles zones de colonisation, etc. il faut employer les procédés les plus évolués afim de trouver les solutions les plus appropriées des problèmes les plus délicats de la prospection.

Dans les présent travail on cherche à mettre en relief tant les possibilités que les limitations de la méthode de la résistivité électrique, en tenant compte de ses applications dans la recherche des eaux souterraines.

Les matières presentées sont les principes essentials de la méthode, ses utilisations les plus convenables et quelques exemples de ses applications.

SYNOPSIS

The remarkable successes achieved by geophysical methods in oil and large mineral deposit prospecting led to their rapid development, having also called attention to their undeniable advantages in underground water location.

In order to satisfy continuous demands for water supply to growing populations, industrial needs, irrigation of new colonization areas, etc , the most up-to-date methods must be used so as to ensure that delicate exploration problems are given the most adequate solutions.

In the present paper the author emphasizes both the possibilities and limitations of electric resistivity methods in view of their application in underground water surveys.

The subjects presented are basic principles of the method, its most adequate uses and some instances of its application.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 % dos totais do País.*

I — Breve nota mensal

No aspecto hidrológico, o mês de Novembro apresentou-se, no conjunto, muito abaixo da média.

No dia 21 entrou em funcionamento experimental o 1. grupo (40 MVA) da central do Alto Rabagão da HICA.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1963	1964	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	327,7	288,2	— 12
Produção térmica (P_t)	8,2	67,1	—
Produção total (P_T)	335,9	355,3	+ 6
Exportações (Ex)	0,0	2,0	—
Importações (I)	0,0	21,2	—
Consumo em bombagem (Cb)(1)	—	—	—
Produção para consumos não perman. (P_{cnp}) (2)	42,3	30,4	— 28
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (3)	293,6	344,1	+17,2(4)
Coeficiente de hidraulicidade	3,02	0,37	—

b) Acumulados desde 1 de Janeiro

	1963	1964	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	3510,5	3844,6	+ 10
Produção térmica (P_t)	128,4	222,5	+ 73
Produção total (P_T)	3638,9	4067,1	+ 12
Exportações (Ex)	54,0	54,0	0
Importações (I)	0,1	21,9	—
Consumo em bombagem (Cb)(1)	—	—	—
Produção para consumo não perman. (P_{cnp}) (2)	616,3	710,1	+ 15
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (3)	2968,7	3324,9	+12,0(4)
Coeficiente de hidraulicidade	1,52	1,03	—

NOTAS

(1) Energia consumida em bombagem para armazenamento na Albufeira do Alto Rabagão.

(2) Consideram-se consumos não permanentes os indicados em 4.2.

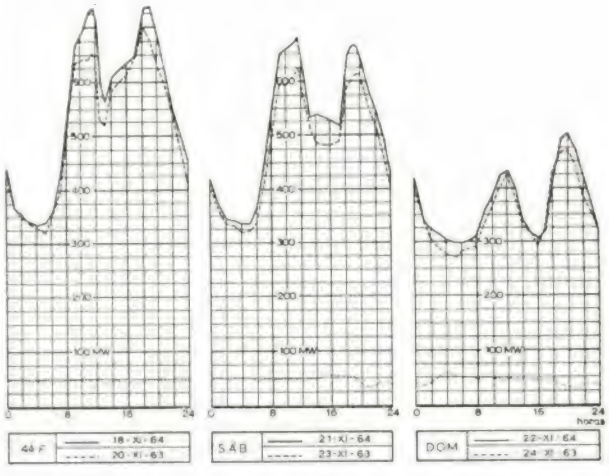
(3) A produção para consumos permanentes (P_{CP}) é determinada pela seguinte expressão: $P_{CP} = P_T - C_b - P_{cnp} + I - E_X$

(4) O aumento percentual de produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, é respectivamente de 15,2 % e 11,4 %.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

				4.ª feira: 1963	4.ª feira: 1964
Produção hidráulica			(P_h) MWh	12808	10178
Produção térmica			(P_t) MWh	0	2260
Produção total			(P_T) MWh	12808	12138
Trocas com Espanha	Export.		(Ex) MWh	0	0
	Import.		(I) MWh	0	1025
TOTAL			$P_T + (I - E_X)$ MWh	12808	13463
Prod. para cons. perm.			(P_{cp}) MWh	11048	12413
Prod. para cons. não perm.			(P_{cnp}) MWh	1760	1050
Características dos diagramas	$P_T + (I - E_X)$	Potência máx.	MW	697	736
		Potência mín.	MW	319	331
		Utiliz. da ponta	horas	18,4	18,3
		Factor de carga		0,77	0,76
	P_{cp}	Potência máx.	MW	615	689
		Potência mín.	MW	242	283
		Utiliz. da ponta	horas	18,0	18,0
		Factor de carga		0,75	0,75

NOVEMBRO



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês: GWh	No fim do mês: % (1)
Alto Rabagão	191,0	19,6
Paradela	7,0	3,1
Venda Nova	9,7	7,6
Salamonde	11,9	43,1
Caniçada	14,6	44,1
Vilar	—	—
Cabril	42,2	12,4
Castelo do Bode	46,0	28,2
Guilhofrei	1,1	13,3
Lagoa Comprida	6,2 (2)	14,3
Santa Luzia	7,6	12,3
Pracana	0,6	4,7
Póvoa	1,7 (3)	13,5
Total com A. Rabagão . . .	339,6	—
Total sem A. Rabagão . . .	148,6	14,2

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 3,3 GWh armazenados em Vale do Rossim no início do mês e 0,3 GWh no fim do mês.

(3) Inclui 0,4 GWh armazenados no açude do Poio no início do mês e 0,3 GWh no fim do mês.

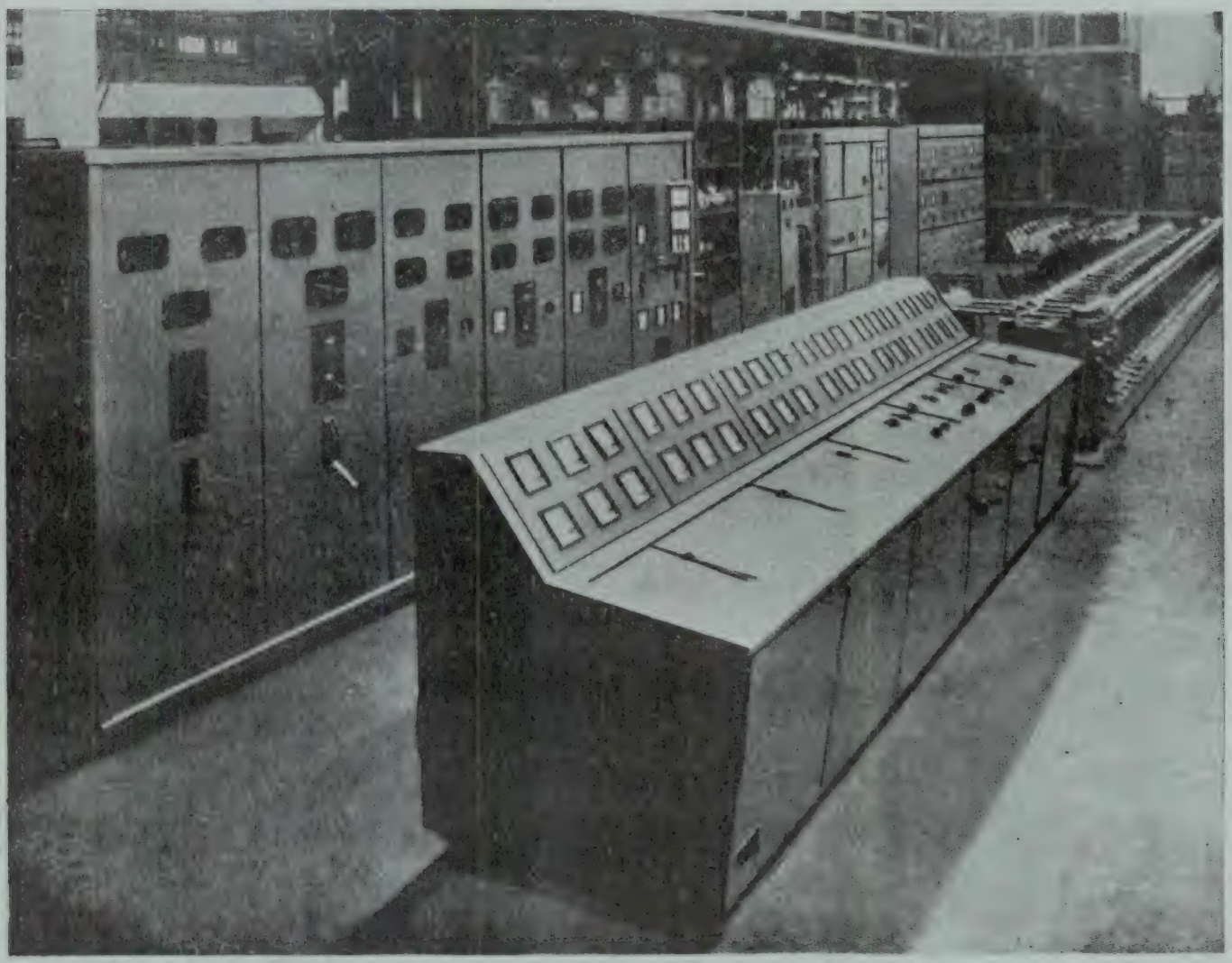
JAYME DA COSTA, L^DA

MECÂNICA E ELECTRICIDADE EM TODAS AS APLICAÇÕES

PORTO
Praça da Batalha, 12
Telef. 2 28 12 (PPC)

LISBOA
Rua dos Correeiros, 14
Telef. 32 70 35 (PPC)

LUANDA
Cx. Postal 5174
Telef. 4743



Material fabricado nas nossas oficinas, pronto para expedição

- Fabricação de aparelhagem eléctrica de alta e baixa tensão
- Equipamentos electromecânicos completos para centrais e fábricas
- Postos de transformação tipo monobloco
- Quadros blindados, capsulados e em armário
- Armaduras de iluminação de todos os tipos
- Contadores eléctricos e instrumentos de medida
- Telemedida e telecomando
- Instalações elevatórias de água
- Instalações de saneamento e esgotos
- Ferramentas de corte
- Motores Diesel industriais e marítimos
- Fogões eléctricos
- Frigoríficos
- Ventilação e condicionamento de ar
- Aparelhagem de Raios X e electromedicina

Para melhores cópias heliográficas

As minas

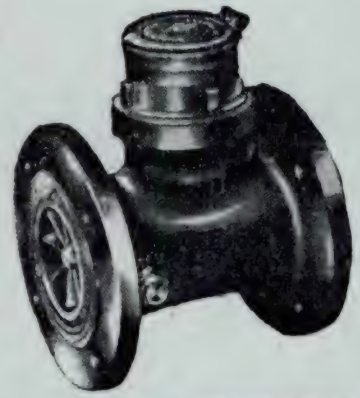
FABER-CASTELL

agora mais negras

comprando minas de qualidade obterá úteis Brindes

CONTADORES PARA LÍQUIDOS

Sistema "Woltman"



LG

LANGE

De:

50 m/m

a

300 m/m

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

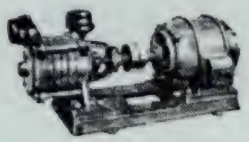
HIDREL

Técnica de Hidráulica e de Electricidade, Ld.ª

47-A RUA DO ALECRIM 47-B

LISBOA

BOMBAS



Se tem um problema de bombas, consulte

VASCO PESSOA, LDA.

Rua da Boavista, 63

LISBOA

C. D. U. 658.5.015 : 623.81

REGULAÇÃO SINTÉTICA DA PRODUÇÃO NUM ESTALEIRO NAVAL

(Continuação)

PELO ENGENHEIRO CAETANO CARREIRA

8. POTÊNCIAS.

8.1. NÚMERO DE OPERÁRIOS INSCRITOS NUMA ESPECIALIDADE.

8.1.1. *Preliminares.*

Seja N_{hi} o número de operários inscritos na especialidade h em determinado instante da semana i, instante que, no nosso caso, convém que seja às 01:00 de domingo. É evidente que N_{hi} varia com i:

$$N_{hi} = N_{hi}\ (i) \tag{8.1}$$

São diversas as causas:

.1. De deminuição:

- .1. Promoção a operário-chefe;
- .2. Reforma;
- .3. Transferência para outra especialidade ou serviço;
- .4. Demissão voluntária;
- .5. Morte;
- .6. Demissão por falta de trabalho;
- .7. Demissão por motivos disciplinares.

.2. De aumento:

- .1. Transferência doutra especialidade ou serviço;
- .2. Admissão.

8.1.2. *Factores de deminuição de N_{hi}.*

A promoção à chefia verifica-se em regra no princípio de cada ano. Suponhamos que a mestrança é 10 % da mão-de-obra total e que a sua renovação completa se faz em 20 anos. A variação de N_{hi} com a promoção à chefia é assim nula em todas as semanas do ano, salvo na primeira, e nesta não ultrapassa

$$\frac{10\ \%\ N_{hi}}{20} = 0{,}5\ \%\ N_{hi}$$

Suposta uniformemente distribuída ao longo do ano, reduzir-se-á a

$$\frac{5{,}00\ .\ 10^{-3}\ N_{hi}}{52} = 9{,}64\ .\ 10^{-5}\ N_{hi} \cong$$

$$\cong 10^{-4}\ N_{hi}\ \ H\ .\ sem^{-1}$$

O número de baixas devidas a reforma correlaciona-se alta e directamente com a idade e os anos de serviço, pois quanto mais velho um operário, maior a necessidade de reforma e, quanto mais antigo na casa, mais favoráveis as condições desta.

As transferências são acentuadas nas especialidades que se vão tornando obsoletas ou consideradas menos atraentes.

As demissões voluntárias estão na dependência do mercado de trabalho nacional e internacional. A atracção, que exercem sobre os nossos operários países como a Alemanha e a França, mostra-o bem. São extremamente aleatórias as baixas resultantes, motivadas quer por factores económicos fora do domínio da empresa, quer por reacções psicológicas de grupos heterogéneos. Assim, em épocas de crise de trabalho, existem operários que se aferram ao estaleiro, tudo fazendo para serem considerados bons elementos. Outros, porém, em face de um hipotético risco de despedimento, buscam logo novo emprego, salientando para o conquistar as mesmas qualidades e habilitações com que os primeiros querem reforçar a sua posição. De modo análogo, quando é grande a procura de certas profissões, há os que cedem à tentação de mudar por mais alguns escudos, como aparecem aqueles que se não aventuram a sair duma casa sólida. O que se pode dizer, nestas circunstâncias, é que os operários mais novos e mais modernos se demitem voluntàriamente com maior frequência.

O número de mortes está ligado à idade, como é natural.

As demissões por falta de trabalho não são hoje vulgarmente praticadas entre nós. A gravidade das repercussões sociais que originam é para isso razão mais que bastante, mas não a única. Quando apesar de tudo a situação aconselha esta medida extrema, os operários mais afectados são os de menor antiguidade.

Quanto às demissões por motivos disciplinares, são pouco frequentes, não excedendo em condições normais 10 % do total de baixas.

Não é por mero acaso que temos insistido na influência da idade e dos anos de serviço no desgaste dos efectivos. Em certa amostragem de baixas, verificámos que as idades e antiguidades ocorrem como indicado nas figs. 8.1 e 8.2.

A fig. 8.1 mostra ser muito mais provável que uma baixa corresponda a um operário moderno que a um antigo. A fig. 8.2 quantifica alguns juízos que é bom não esquecer:

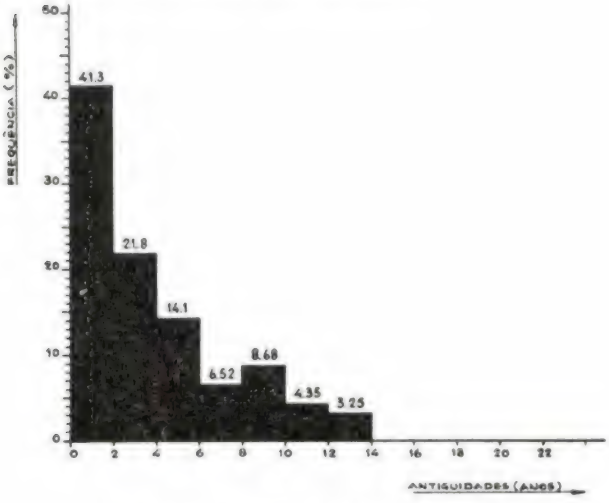


Fig. 8.1 — Frequência de antiguidades numa amostra de baixas.

.1. Dos 15 aos 25 anos a instabilidade é pronunciada. Hesitação na escolha da profissão, serviço militar, em muitos casos ausência de responsabilidades familiares, espírito de aventura da juventude, tudo contribui para ela;

.2. Entre os 25 e 30 anos, o operário mostra uma tendência para se fixar, a que não são estranhas a constituição da família e a esperança duma ascensão rápida;

.3. Passados os 30 anos, as despesas familiares crescem e, além disso, por uma razão ou por outra, muitos operários não julgam aceitável a progressão dos respectivos salários. Daí novo surto de instabilidade, tanto mais que, dentro em pouco, será tarde para encetar nova carreira;

.4. Os 35 anos constituem uma fronteira nítida: a probabilidade duma baixa se referir a um operário com idade superior é vincadamente menor.

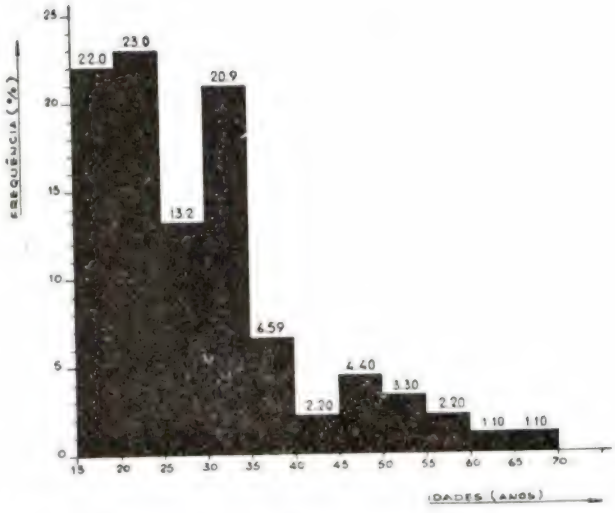


Fig. 8.2 — Frequência de idades numa amostra de baixas.

Dividamos o intervalo das idades em classes (r) Seja N_{hirs} o número de operários que ocorrem na intercepção ($r \cap s$). Podemos escrever, (fig. 8.3):

$$N_{hi} = \sum_{rs} N_{hirs} \tag{8.2}$$

ANTIGUIDADES (ANOS)	TOTAL	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
40	5	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	
35	21	0	0	0	0	0	0	3	8	8	2	0	
30	32	0	0	0	0	0	17	3	7	5	0	0	
25	107	0	0	0	0	9	36	36	16	9	1	0	
20	104	0	0	0	24	37	27	12	3	1	0	0	
15	141	0	0	16	41	51	14	10	5	2	1	1	
10	106	0	14	46	29	9	2	4	2	0	0	0	
5	158	45	47	36	18	10	2	0	0	0	0	0	
0	674	45	61	98	112	116	98	68	43	28	4	1	TOTAL

IDADES (ANOS)

Fig. 8.3 — Matriz $\| N_{hirs} \|$ da Secção de Caldeiraria da NAVALIS, em 1 de Janeiro de 1960.

O histograma de antiguidades, (fig. 8.4) é definido pela expressão

$$A_{his} = \frac{\sum_{r} N_{hirs}}{N_{hi}} \cdot 100\,\% \tag{8.3}$$

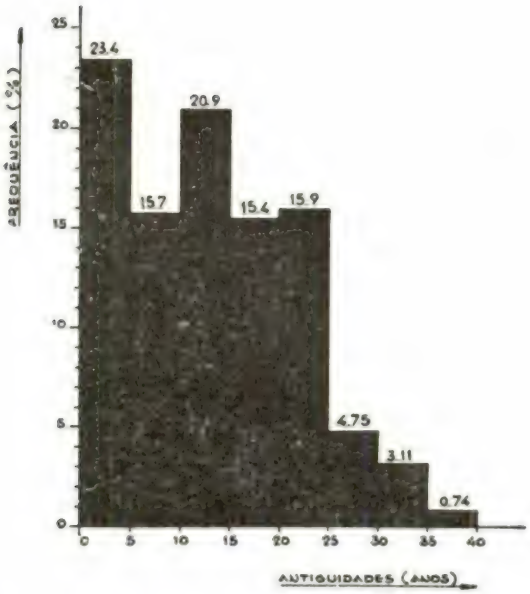


Fig. 8.4 — Frequência de antiguidades (NAVALIS, Secção de Caldeiraria, 1 de Janeiro de 1960).

O de idades, (fig. 8.5), é definido pela expressão

$$(8.4) \qquad I_{hii} = \frac{\sum_s N_{hirs}}{N_{hi}} \cdot 100\,\%$$

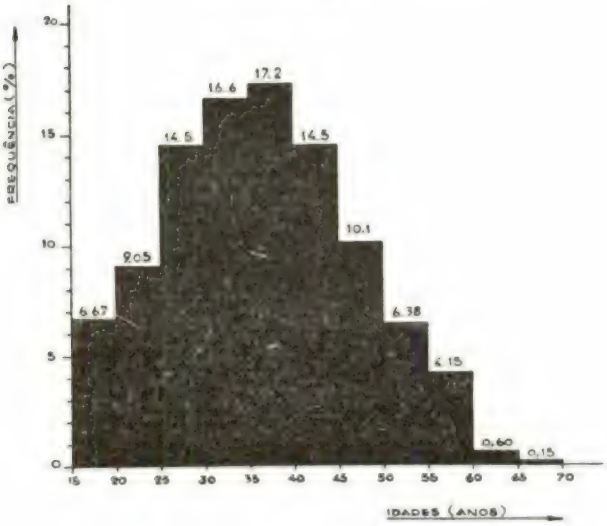


Fig. 8.5 — Frequência de idades (NAVALIS, Secção de Caldeiraria, 1 de Janeiro de 1960).

Consideremos agora uma quantidade $\overline{\xi}^{hrs}$, a que chamaremos taxa de desgaste semanal média de N_{hirs}, definida pela expressão

$$(8.5) \qquad \overline{\xi}^{hrs} = \frac{N_{ijrs} - N_{hirs}}{(j-i)\,N_{hirs}}$$

$\overline{\xi}^{hrs}$ é uma família de curvas em função de r, parâmetro s, que se podem traçar a partir dos registos existentes (fig. 8.6) e *usar para fazer previsões*, pois não variam sensìvelmente com o tempo.

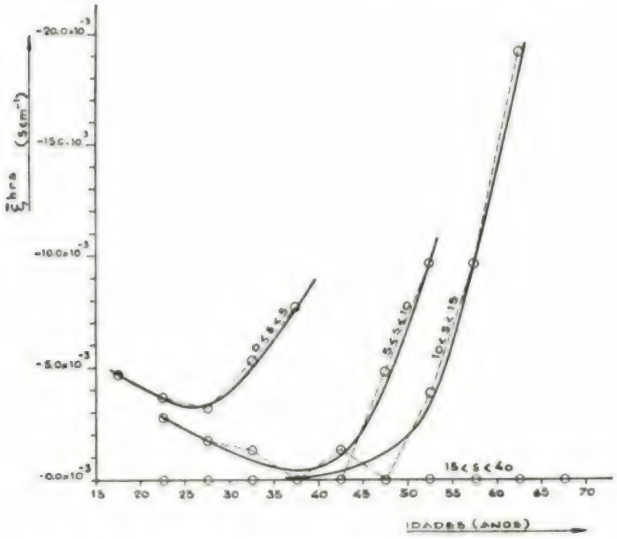


Fig. 8.6 — Taxas de desgaste semanal médias de N_{hirs}, em função de r, a s constante, excluindo as demissões por falta de trabalho (NAVALIS, Secção de Caldeiraria, 1 de Janeiro de 1960).

A quantidade

$$(8.6) \qquad \sum_s (N_{hjrs} - N_{hirs}) = \sum_s \overline{\xi}^{hrs}\,(j-i)\,N_{hirs} \quad (j > i)$$

representa o número de baixas na classe r, da semana i à semana j. Dividindo-a pelo número de operários da classe r, $N_{hir} = \sum_s N_{hirs}$, e pelo número de semanas, $(j-i)$, definiremos uma taxa de desgaste semanal média de N_{hir}:

$$(8.7) \qquad \overline{\eta}^{hr} = \frac{\sum_s \overline{\xi}^{hrs}\,N_{hirs}}{\sum_s N_{hirs}}$$

Esta é uma maneira de substituir a família $\overline{\xi}^{hrs}$ por uma curva única, (fig. 8.7), *que todavia só é válida, em rigor, no futuro, na medida em que os histogramas das antiguidades a r constante se mantiverem inalterados.*

Por um raciocínio idêntico podemos estabelecer ainda o conceito de taxa de desgaste semanal médio da especialidade h:

$$(8.8) \qquad \overline{\zeta}^{h} = \frac{\sum_{rs} \overline{\xi}^{hrs}\,N_{hirs}}{\sum_{rs} N_{hirs}}$$

Também em rigor esta taxa só é válida, no futuro, na medida em que a matriz

$$\left\| \frac{N_{hirs}}{N_{hi}} \right\|$$

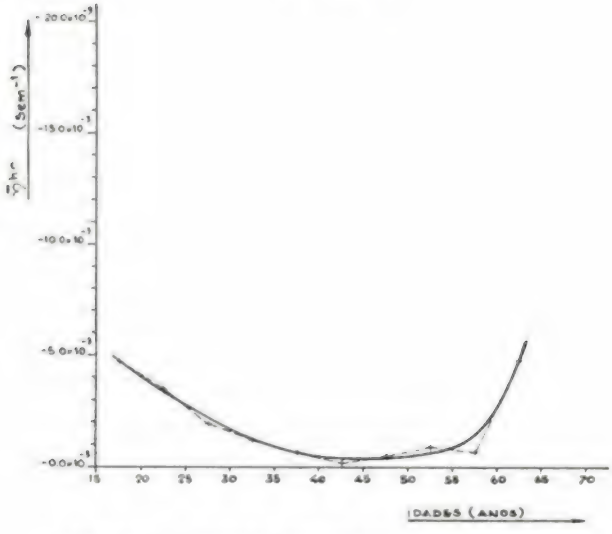


Fig 8.7 — Taxas de desgaste semanal média dos N^{hir}, excluindo as demissões por falta de trabalho (NAVALIS, Secção de Caldeiraria, 1960).

se mantiver inalterada. Em primeira aproximação, porém, podemos considerar $\bar{\zeta}$ independente de i, salvo nas condições extremas de admissão de pessoal ou despedimento por falta de trabalho. Significa isto que o desgaste de N_{hi}, pelas razões atrás apontadas, se processa linearmente em relação ao tempo na ausência daquelas condições extremas:

$$N_{hi} = N_{ho}\ (1 + i\ \bar{\zeta}^h)$$

Para a Caldeiraria, em 1960, por exemplo, $\zeta^h = 1{,}4 \,.\, 10^{-3}$ sem^{-1}.

8.1.3. *Factores de aumento de N_{hi}.*

As transferências doutras especialidades ou serviços ocorrem ao longo do ano com uma taxa média constante, que designaremos $\bar{\sigma}^h$. Logo, se for

$$\bar{\varkappa}^h = \bar{\sigma}^h + \bar{\zeta}^h \tag{8.10}$$

a equação (8.9), para ter uma conta estas transferências, passará a escrever-se

$$N_{hi} = N_{ho}\ (1 + i\ \bar{\varkappa}^h) \tag{8.11}$$

$\bar{\varkappa}^h$ é negativo, porque

$$\bar{\sigma}^h < |\ \bar{\xi}^h\ | \tag{8.12}$$

O aumento de pessoal devido a admissões desenvolve-se de maneira completamente distinta. O número de vagas abertas, M, é determinado. O intervalo de tempo $(k - i)$, ao fim do qual devem estar preenchidas, é prèviamente conhecido. Por outro lado, uma admissão de pessoal exige que se ponham anúncios, que se examinem profissionalmente os candidatos, que se inspeccionem mèdicamente os seleccionados e, enfim, que se inscrevam os aprovados. No final de todas estas diligências, aleatórias no êxito e na duração, verifica-se que a distribuição do número de admissões por semana obedece a uma distribuição probabilística, razoàvelmente central e simétrica. Uma expressão binómia do tipo $(p + q)^{k-i}$, onde $p = q = 0{,}50$, permite descrevê-la analìticamente com suficiente aproximação.

Isto é, o número de operários admitidos na semana j, tal que $i \leq j \leq k$, será provàvelmente

$$M_j = 0{,}50^{k-i}\ M\ \binom{h-i}{j-i} \tag{8.14}$$

Durante a admissão, o número de operários variará depois de acordo com a expressão

(8.14)

$$N_{hi} = N_{ho}\ (i + j\ \bar{\varkappa}^h) + 0{,}50^{k-i}\ M \sum_{l=0}^{l=j\ \ i} \binom{k-i}{l}$$

Logo a seguir ao fecho da admissão, torna a vigorar uma forma mais simples

$$N_{hi} = (N_{ho} + M)\ [1 + (i - k)\ \bar{\varkappa}^h] \tag{8.15}$$

Simplesmente, $\bar{\varkappa}^h$ é agora em valor absoluto sensìvelmente maior que antes da admissão, em virtude da alteração dos histogramas de idades e, sobretudo, de antiguidades. A experiência mostra no entanto que, menos de 3 meses depois de fechada a admissão, $\bar{\varkappa}^h$ estabiliza, do mesmo modo que a variação dos elementos da matriz N_{hirs}. O facto significa sairem em menos de 3 meses os novos operários que se não adaptam ao meio.

8.2. POTÊNCIA LÍQUIDA NOMINAL DA ESPECIALIDADE.

Como vimos no parágrafo 3.1, esta potência pode definir-se analìticamente pela expressão

$$W_{hi} = 48\ \rho_{hi}\ N_{hi}\ Hh/sem \tag{8.16}$$

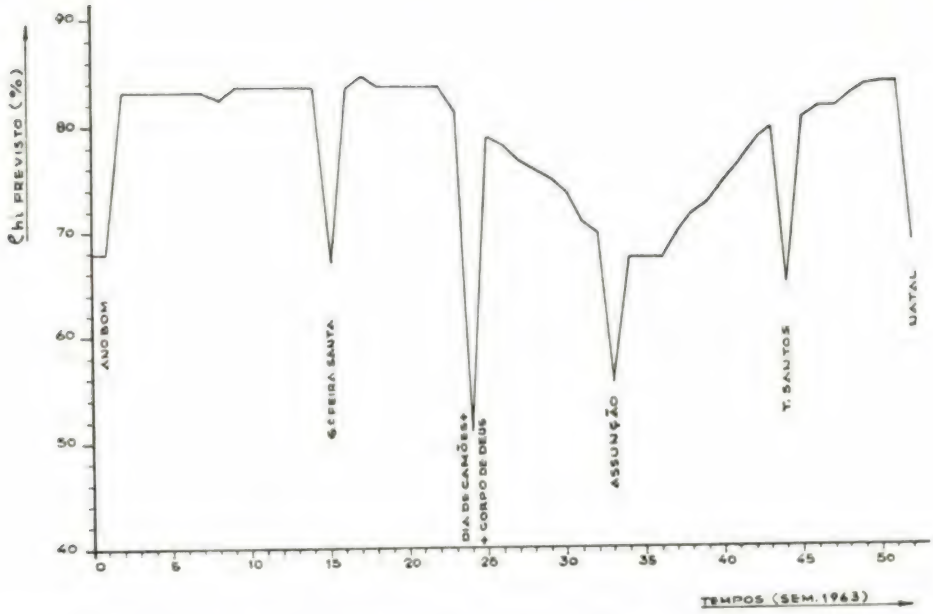


Fig. 8.8 — Rendimento de presença efectivo, ρ_{hi}, previsto para electricistas (LISNAVE, 1963).

ρ_{hi}, rendimento de presença efectivo da especialidade h na semana i, é função de i e determina-se a partir dos registos existentes, podendo extrapolar-se estatìsticamente, (fig. 8.8).

Os pontos da curva ρ_{hi} nas semanas em que há feriados podem considerar-se singulares. A sua ordenada calcula-se multiplicando o valor da ordenada regular pelos factores indicados na fig. 8.9. Referimos apenas os factores correspondentes às especialidades que trabalham 48 horas por semana. Para as outras, como por exemplo desenhador, o cálculo dos ditos factores não apresenta qualquer dificuldade.

N.º de feriados na semana	Dia da semana em que é feriado	Número de horas de presença perdidas por cada operário (h H)	Factor da correcção da ordenada regular
1	2.ª a 6.ª feira	8,75	$1 - \frac{8,75}{48} = 81,75\ \%$
	Sábado	4,25	$1 - \frac{4,25}{48} = 91,15\ \%$
1 + tolerância de ponto na tarde do dia anterior	3.ª a 6.ª feira	$8,75 + 4,50 = 13,25$	$1 - \frac{13,25}{48} = 72,40\ \%$
	Sábado	$4,25 + 4,50 = 8,75$	$1 - \frac{8,75}{48} = 81,75\ \%$
2	2.ª a 6.ª feira	$8,75 + 8,75 = 17,50$	$1 - \frac{17,50}{48} = 63,50\ \%$
	6.ª feira e Sábado	$8,75 + 4,25 = 13,00$	$1 - \frac{13,00}{48} = 72,90\ \%$

Fig. 8.9 — Factores de correcção das ordenadas regulares da curva ρ_{hi} (i), nas semanas i em que há feriado, (LISNAVE, 1963).

8.3. REGIMES DE TRABALHO.

8.3.1. *Preliminares*

Os horários de trabalho na LISNAVE são os que se indicam nos parágrafos a seguir. Um número muito escasso de horários especiais não chega a pesar na Regulação da Produção. A mais significativa das excepções verifica-se na Sala de Desenho: 08:30 às 12:30 + 14:00 às 17:30, de 2.ª a 6.ª feira, e 08:30 às 13:00, aos sábados. A análise que apresentamos é-lhe formalmente aplicável, havendo apenas que tomar o cuidado de usar os valores adequados para as diferentes variáveis e parâmetros, quando se fizerem cálculos numéricos.

8.3.2 *Turno único.*

Como veremos, é um caso particular de regime de 2 turnos:

HORAS NORMAIS		
Dias	Horário normal, n \ Turno, t	1
2.ª a 6.ª	1	07:45 — 12:00 + 13:00 — 17:30
Sáb.	2	07:45 — 12:00

HORAS EXTRAS		
Dias	Horário extraordinário, e \ Turno t	1
2.ª a 6.ª	1	17:30 — 19:00
	2	17:30 — 21:00
Sáb.	3	13:00 — 18:00
	4	13:00 — 21:00
Dom. ou Fer.	5	08:00 — 12:00
	6	08:00 — 12:00 + 13:00 — 17:00
	7	08:00 — 12:00 + 13:00 — 21:00
	8	08:00 — 12:00 + 13:00 — 19:00

8.3.3 *Dois turnos.*

HORAS NORMAIS			
Dias	Horário normal, n \ turno, t	1	2
2.ª a 6.ª f.	1	07 : 45 — 12 : 00 + 13 : 00 — 17 : 00	17 : 30 — 20 : 00 + 21 : 00 — 01 : 00
Sáb.	2	07 : 45 — 12 : 00	12 : 00 — 19 : 00

HORAS EXTRAS			
Dias	Horário extraordinário, e \ Turno, t	1	2
2.ª a 6.ª f.	1	17 : 30 — 19 : 00	01 : 30 — 07 : 30
	2	17 : 30 — 21 : 00	—
Sáb.	3	13 : 00 — 18 : 00	19 : 30 — 21 : 00
	4	13 : 00 — 21 : 00	—
Dom. ou Fer.	5	08 : 00 — 12 : 00	08 : 00 — 12 : 00
	6	08 : 00 — 12 : 00 + 13 : 00 — 17 : 00	08 : 00 — 12 : 00 + 13 : 00 — 17 : 00
	7	08 : 00 — 12 : 00 + 13 : 00 — 19 : 00	08 : 00 — 12 : 00 + 13 : 00 — 19 : 00
	8	08 : 00 — 12 : 00 + 13 : 00 — 21 : 00	08 : 00 — 13 : 00 + 13 : 00 — 21 : 00

8.3.4. *Três turnos.*

HORAS NORMAIS			
Dias \ Turno t	1	2	3
Qualquer	08 : 00 — 16 : 00	16 : 00 — 24 : 00	24 : 00 — 08 : 00

Este caso não será estudado em particular, no que respeita a aplicações numéricas, dado que só trabalham neste regime os guardas, os electricistas de prevenção e os maquinistas da central de compressores, ou seja, pessoal não directamente produtivo. No entanto as expressões deduzidas a seguir são-lhe formalmente aplicáveis.

8.4. POTÊNCIA LÍQUIDA CORRIGIDA DA ESPECIALIDADE.

8.4.1. *Efeito de turno.*

Suponhamos que x_{hit} . 100 % dos ϱ_{hi} N_{hi} operários presentes trabalham no turno t, ($t = 1, 2, 3$).

Será forçosamente

$$\sum_t x_{hit} = 1 \tag{8.18}$$

Está bem de ver que existindo só 1.° e 2.° turnos, será

$$(x_{hi1})_{min} = (x_{hi2})_{máx} = 50\ \% \tag{8.18}$$

pois em princípio, nas especialidades relevantes, não há interesse algum em ter mais pessoal a trabalhar no 2.° turno que no 1.°, antes pelo contrário tal situação corresponderia a um aumento do custo da produção.

Com efeito, nos turnos $t > 1$ trabalha-se durante menos tempo e com pior rendimento. Se se não fizerem horas extraordinárias, a potência baixa para um valor inferior ao nominal, valor esse que passamos a calcular.

Seja φ_{hi}^t o quociente entre o número de horas de presença de 1 operário da especialidade h na semana i, trabalhando no turno t, e o número de horas de presença do mesmo operário, na mesma semana, se trabalhasse no turno 1. O número total de horas trabalhadas (hH) pela especialidade h, na semana i, será

$$S_{hi} = \sum_t \varphi_{hi}^t\, x_{hit}\, \rho_{hi}\, N_{hi}\, 48 = \tag{8.19}$$

$$= W_{hi} \sum_t \varphi_{hi}^t\, x_{hit} \tag{8.20}$$

Para efeitos de cálculo tomaremos para φ_{hi}^t os seguintes valores, (v. parág. 8.3.3):

t	φ_{hi}^t
1	$\frac{48}{48} = 100{,}0\ \%$
2	$\frac{42}{48} = 87{,}5\ \%$

Seja τ_{hi}^t o quociente entre a produção que se obtém correntemente com certo número de horas de presença, com operários da especialidade h, na semana i, trabalhando no turno t, e a produção normal que seria possível realizar com o mesmo número de horas de presença, caso os mesmos operários, na mesma semana, trabalhassem no turno 1. Admite-se nesta definição que nem numa hipótese, nem noutra, são feitas horas extraordinárias.

As maneiras de obter os valores numéricos de τ_{hi}^t serão discutidas noutro escrito. Constituem um ponto delicado, que exige o concurso íntimo da Medicina no Trabalho. Estuda-se o seu aperfeiçoamento, a fim de que os valores de τ_{hi}^t usados sejam o mais realistas possível. Do que não há dúvidas é da possibilidade de quantificar aquele rendimento de trabalho. Para efeitos de cálculo usaremos de momento os seguintes números:

t	τ_{hi}^t
1	100 %
2	90 %

A produção que se pode esperar, tendo em conta o efeito do turno, será pois

$$B_{hi} = W_{hi} \sum_t \varphi_{hi}^t\, \tau_{hi}^t\, x_{hit} \tag{8.21}$$

a que chamamos potência líquida corrigida, pelo efeito de turno, da especialidade h, na semana i.

8.4.2. *Efeito de horas extras.*

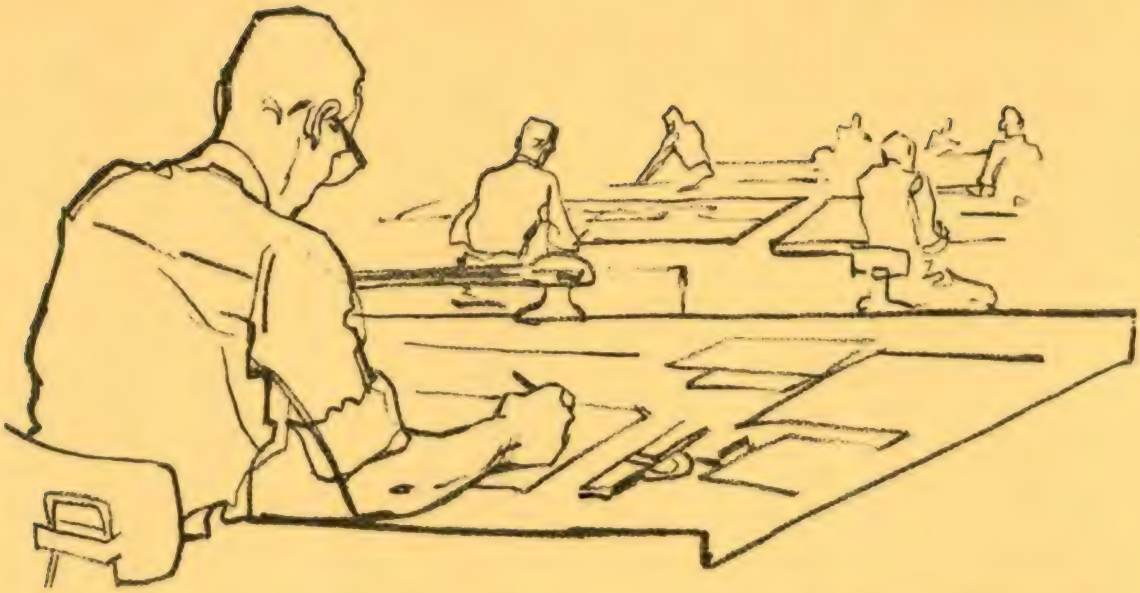
Suponhamos agora que y_{hite}^d . 100 % dos ($x_{hit}\, \rho_{hi}\, N_{hi}$) operários presentes no turno t trabalham no horário extraordinário e, durante d dias. À produção que se pode correntemente obter nesta hipótese chamaremos potência líquida corrigida pelos efeitos de turno e horas extras, da especialidade h, na semana i. Vejamos como se calcula.

Seja $E_{hi}^{te}{}_d$ o número de horas extras feitas por um operário da especialidade h, na semana i, durante a qual trabalhou normalmente no turno t e, além disso, no horário extraordinário e, durante d dias daquela semana. O conjunto de possíveis valores de $E_{hi}^{te}{}_d$ obtém-se a partir dos dados apresentados no parágrafo 8.3.3, (fig. 8.10), podendo dizer-se que o seu limite superior, pràticamente nunca atingido, é 36 h/sem, tanto para $t = 1$, como para $t = 2$.

O número total de horas normais que ao mesmo operário compete fazer é φ_{hi}^t. 48 hH/sem. Construa-se o quociente

$$\psi_{hi}^{te}{}_d = \frac{E_{hi}^{te}{}_d}{48\,.\,\varphi_{hi}^t} \tag{8.22}$$

APA



CATERPILLAR + S.T.E.T.

O BINÓMIO MAIS VANTAJOSO PARA QUALQUER PROBLEMA DE MOVIMENTAÇÃO DE TERRAS

CATERPILLAR* O fabricante mais especializado, em todo o mundo, de tractores de rasto e de rodas, pás mecânicas de rasto e rodas (traxcavators*), motoniveladoras, moto-scrapers, escarificadores, "bulldozers", motores industriais e marítimos, grupos electrogéneos.

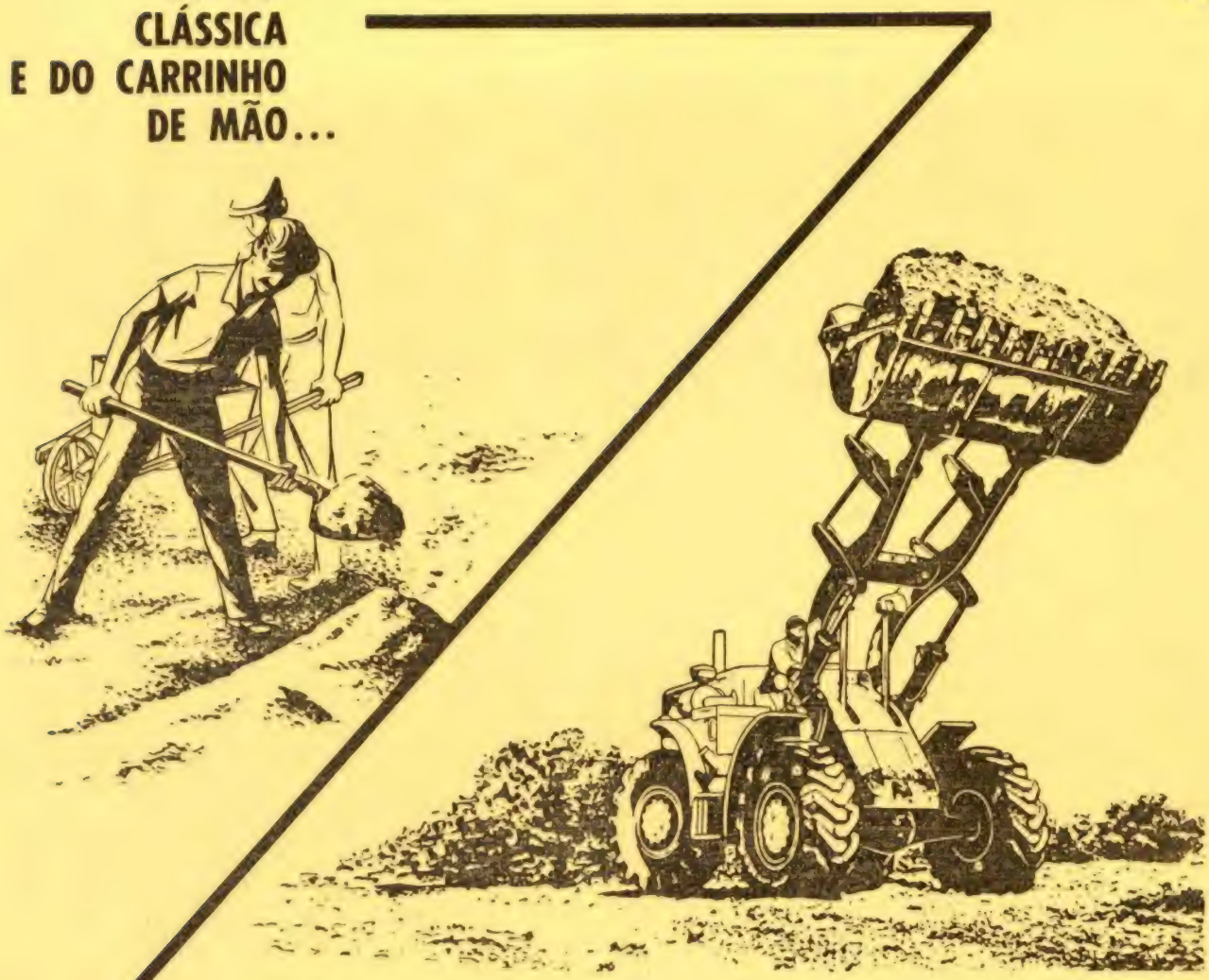
S.T.E.T. **SOCIEDADE TECNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, S.A.R.L.**

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO EM PORTUGAL CONTINENTAL, ILHAS ADJACENTES, CABO VERDE E GUINÉ

ASSISTÊNCIA – REPARAÇÕES – PEÇAS GENUÍNAS

PRIOR VELHO — SACAVÉM
TELEF.: 251 0001/4 — TELEG.: «STETRA» — APARTADO 1351
LISBOA

* «CATERPILLAR» E «TRAXCAVATOR» SÃO MARCAS REGISTADAS DE CATERPILLAR TRACTOR CO. – PEORIA, ILLINOIS – E. U. A.



TODO UM CAMINHO PERCORRIDO NA PROCURA DA MELHOR REALIZAÇÃO DO TRABALHO — DA MANEIRA MAIS EFICIENTE, MAIS ECONÓMICA E MAIS LUCRATIVA — PARA UMA MELHOR SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES HUMANAS.

ACTUALMENTE, EM QUALQUER TRABALHO DE

cerâmicas, minas e pedreiras,

A PALAVRA DA ORDEM É

CATERPILLAR*

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO:

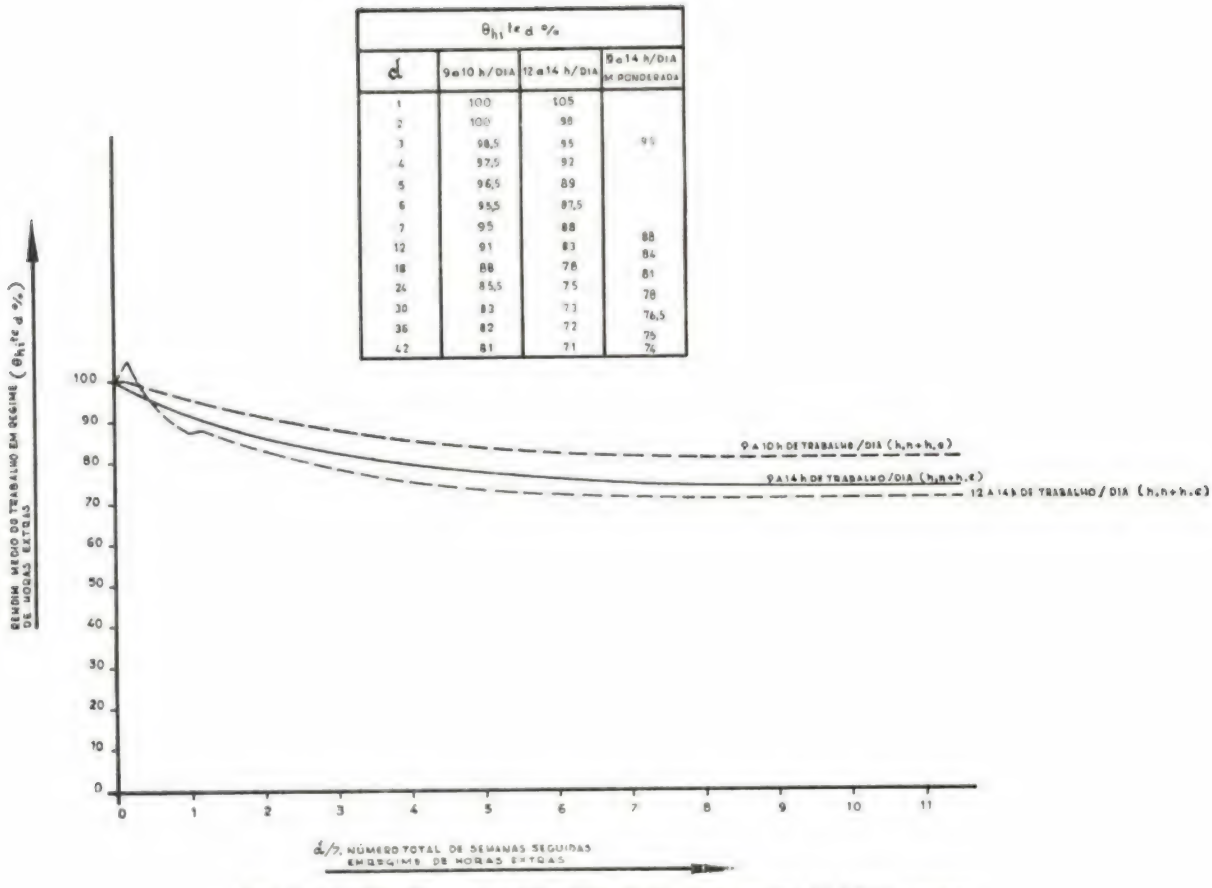
S.T.E.T.

SOCIEDADE TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, S.A.R.L.
PRIOR VELHO — SACAVÉM
TELEF. 251 0001/4 — TELEG. «STETRA» — APARTADO 1351 — LISBOA

*«CATERPILLAR» E «TRAXCAVATOR» SÃO MARCAS REGISTADAS DE CATERPILLAR TRACTOR CO. — PEORIA, ILLINOIS — E. U. A.

e \ d	t = 1							t = 2						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	1,5	3,0	4,5	6,0	7,5	–	–	6,0	12,0	18,0	24,0	30,0	–	–
2	3,5	7,0	10,5	14,0	17,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	5,0	–	–	–	–	–	–	1,5	–	–	–	–	–	–
4	8,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	4,0	–	–	–	–	–	–	4,0	–	–	–	–	–	–
6	8,0	–	–	–	–	–	–	8,0	–	–	–	–	–	–
7	10,0	–	–	–	–	–	–	10,0	-	–	–	–	–	–
8	12,0	–	–	–	–	–	–	12,0	–	–	–	–	–	–
1 + 3	–	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	–	–	7,5	13,5	19,5	25,5	31,5	–
1 + 4	–	9,5	11,0	12,5	14,0	15,5	–	–	–	–	–	–	–	–
1 + 5	–	5,5	7,0	8,5	10,0	11,5	–	–	10,0	16,0	22,0	28,0	34,0	–
1 + 6	–	9,5	11,0	12,5	14,0	15,5	–	–	14,0	20,0	26,0	32,0	-x-	–
1 + 7	–	11,5	13,0	14,5	16,0	17,5	–	–	16,0	22,0	28,0	34,0	-x-	–
1 + 8	–	13,5	15,0	16,5	18,0	19,5	–	–	18,0	24,0	30,0	36,0	-x-	–
2 + 3	–	8,5	12,0	15,5	19,0	22,5	–	–	–	–	–	–	–	–
2 + 4	–	11,5	15,0	18,5	22,0	25,5	–	–	–	–	–	–	–	–
2 + 5	–	7,5	11,0	14,5	18,0	21,5	–	–	–	–	–	–	–	–
2 + 6	–	11,5	15,0	18,5	22,0	25,5	–	–	–	–	–	–	–	–
2 + 7	–	13,5	17,0	20,5	24,0	27,5	–	–	–	–	–	–	–	–
2 + 8	–	15,5	19,0	22,5	26,0	29,5	–	–	–	–	–	–	–	–
3 + 5	–	9,0	–	–	–	–	–	–	5,5	–	–	–	–	–
3 + 6	–	13,0	–	–	–	–	–	–	9,5	–	–	–	–	–
3 + 7	–	15,0	–	–	–	–	–	–	11,5	–	–	–	–	–
3 + 8	–	17,0	–	–	–	–	–	–	13,5	–	–	–	–	–
4 + 5	–	12,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4 + 6	–	16,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4 + 7	–	18,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4 + 8	–	20,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1 + 3 + 5	–	–	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5	–	–	11,5	17,5	23,5	29,5	35,5
1 + 3 + 6	–	–	14,5	16,0	17,5	19,0	20,5	–	–	15,5	21,5	27,5	33,5	-x-
1 + 3 + 7	–	-	16,5	18,0	19,5	21,0	22,5	–	–	17,5	23,5	29,5	35,5	-x-
1 + 3 + 8	–	–	18,5	20,0	21,5	23,0	24,5	–	–	19,5	25,5	31,5	-x-	-x-
1 + 4 + 5	–	–	13,5	15,0	16,5	18,0	19,5	–	–	–	–	–	–	–
1 + 4 + 6	–	–	17,5	19,0	20,5	22,0	23,5	–	–	–	–	–	–	–
1 + 4 + 7	–	–	19,5	21,0	22,5	24,0	25,5	–	–	–	–	–	–	–
1 + 4 + 8	–	–	21,5	23,0	24,5	26,0	27,5	–	–	–	–	–	–	–
2 + 3 + 5	–	–	12,5	16,0	19,5	23,0	26,5	–	–	–	–	–	–	–
2 + 3 + 6	–	–	16,5	20,0	23,5	27,0	30,5	–	–	–	–	–	–	–
2 + 3 + 7	–	–	18,5	22,0	25,5	29,0	32,5	–	–	–	–	–	–	–
2 + 3 + 8	–	–	20,5	24,0	27,5	31,0	34,5	–	–	–	–	–	–	–
2 + 4 + 5	–	–	15,5	19,0	22,5	26,0	29,5	–	–	–	–	–	–	–
2 + 4 + 6	–	–	19,5	23,0	26,5	30,0	33,5	–	–	–	–	–	–	–
2 + 4 + 7	–	–	21,5	25,0	28,5	32,0	35,5	–	–	–	–	–	–	–
2 + 4 + 8	–	–	23,5	27,0	30,5	34,0	-x-	–	–	–	–	–	–	–

Fig. 8.10 — Conjunto de valores possíveis de $E_{hi}{}^{te}{}_{d}$ (h extras/sem).



$\theta_{hi}^{te}d$ %			
d	9 a 10 h/DIA	12 a 14 h/DIA	9 a 14 h/DIA M. PONDERADA
1	100	105	
2	100	98	
3	98,5	95	95
4	97,5	92	
5	96,5	89	
6	95,5	87,5	
7	95	88	88
12	91	83	84
18	88	78	81
24	85,5	75	78
30	83	73	76,5
36	82	72	75
42	81	71	74

Fig. 8.11 — Rendimento médio do trabalho em regime de horas extras.

Da fig. 8.10 conclui-se que $\psi_{hi}^{te}{}_d$ varia descontìnuamente por diferenças de cerca de 2 % de 0 a 75 % para $t = 1$ e de 0 a 85 % para $t = 2$.

O número de horas trabalhadas será

$$(8.23)\quad S_{hi} = W^{hi} \sum_{ted} (\varphi_{hi}{}^{t} + \psi_{hi}{}^{te}{}_{d}\ y_{hite}{}^{d})\ x_{hit}$$

Seja por fim $\theta_{hi}{}^{te}{}_d$ o quociente entre

.1. A produção que se obtém correntemente com certo número de horas de presença, com operários da especialidade h, na semana i, trabalhando no turno t e, além disso, no horário extraordinário e, durante d dias;

.2. E a produção que se obteria normalmente, com o mesmo número de horas de presença, na mesma semana, com os mesmos operários, trabalhando no mesmo turno, se não fizessem horas extraordinárias.

A determinação dos valores numéricos de $\theta_{hi}{}^{te}{}_d$ não será aqui tratada, antes procuraremos seja objecto doutro trabalho, tal como $\tau_{hi}{}^{t}$. Por ora basta registar que, em primeira aproximação, $\theta_{hi}{}^{te}{}_d$ depende

.1. Do número *total* de horas de trabalho por dia a que o operário fica obrigado;

.2. Do número de semanas seguidas em que deve respeitar esse horário.

Para efeitos de cálculo usaremos os valores médios duma curva ponderada (fig. 8.11), a saber

N.º de semanas imediatamente anteriores a i, durante as quais o operário esteve em regime seguido de horas extraordinárias (d)	$\theta_{hi}{}^{te}{}_d$
0	95 %
1	88
2	84
3	81
4	78
5	76
6	75
7	74
8	74
9	73
10 ou mais	73

A potência líquida da especialidade h, corrigida pelos efeitos de turno e horas extras, será então

$$K_{hi} = W_{hi} \sum_{ted} [\varphi_{hi}{}^{t} \tau_{hi}{}^{t} (1 - y_{hite}{}^{d}) x_{hit} + \\ + (\varphi_{hi}{}^{t} + \psi_{hi}{}^{te}{}_{d}) \theta_{hi}{}^{te}{}_{d} y_{hite}{}^{d} x_{hit}] \tag{8.24}$$

A primeira parcela de parêntesis recto representa a potência do pessoal que não faz horas extraordinárias; a segunda, a do pessoal que as faz.

O somatório pode considerar-se um factor de correcção de W_{hi}.

8.5. POTÊNCIA LÍQUIDA CORRIGIDA DA FUNÇÃO.

8.5.1. *Preliminares.*

A análise a seguir mostra como ter em conta a polivalência de muitos operários, de maneira a empregar, nos trabalhos da especialidade g, operários da especialidade h, diferente. A potência líquida nominal do estaleiro para aqueles trabalhos deixa por este facto de ser rígida, adquirindo uma certa elasticidade, que muito facilita a utilização da mão-de-obra.

8.5.2. *Equações de ligação.*

Suponhamos então que, dos N_{hi} operários inscritos na especialidade h, $Z_h{}^g{}_i$ estão aptos a desempenhar também as funções correspondentes à especialidade $g \neq h$. A matriz $\| Z_h{}^g . \|$ varia com i, dum modo geral lentamente e pode manter-se em dia sem dificuldade de maior. No entanto ela é afectada não só pela variação dos efectivos mas também pelo treino, ocasional ou sistemático, dos operários inscritos. Dos $Z_h{}^g{}_i$ operários referidos comparecerão normalmente ao trabalho apenas

$$\rho_{hi} \; Z_h{}^g{}_i \tag{8.25}$$

Suponhamos agora que, dos presentes, $\delta_h{}^g{}_i \cdot 100\,\%$ passam a exercer as funções da especialidade $g \neq h$. O efectivo presente disponível da especialidade h deminuirá de

$$\delta_h{}^g{}_i \; \rho_{hi} \; Z_h{}^g{}_i \tag{8.26}$$

O total de operários h deslocados será

$$\sum_g \delta_h{}^g{}_i \; \rho_{hi} \; Z_h{}^g{}_i \tag{8.27}$$

Não deslocados restarão

$$\delta_h{}^h{}_i \; \rho_{hi} \; Z_h{}^h{}_i = \rho_{hi} \; (N_{hi} - \sum_{g \neq h} \delta_h{}^g{}_i \; Z_h{}^g{}_i) \tag{8.28}$$

Daqui uma equação de ligação importante:

$$N_{hi} = \sum_g \delta^{hg} \; Z^{hg}{}_i \tag{8.28}$$

Por outro lado e por definição, todos os operários inscritos na especialidade h são capazes de desempenhar a função h. Logo

$$Z_{hh\,i} = N_{hi} \tag{8.30}$$

8.5.3. *Expressão analítica da potência corrigida da função.*

Parte dos operários h é deslocável para outras funções. Em contrapartida, é possível reforçar simultâneamente a especialidade h com homens das especialidades l, capazes de exercer as funções h. Suponhamos que tal reforço assume o valor

$$\sum_{l \neq h} \rho_{li} \; \delta_l{}^h{}_i \; Z_l{}^h{}_i \tag{8.31}$$

O número total de operários a desempenhar a função h será pois

$$D^h{}_i = \rho_{hi} \; \delta_h{}^h{}_i \; Z_h{}^h{}_i + \sum_{l \neq h} \rho_{li} \; \delta_l{}^h{}_i \; Z_l{}^h{}_i = \\ = \sum_l \rho_{li} \; \delta_l{}^{lh}{}_i \; Z_l{}^{lh}{}_i \tag{8.32}$$

A potência líquida nominal actual da função h, será, por definição,

$$W^h{}_i = 48 \; D^h{}_i \; Hh/sem \tag{8.33}$$

A potência líquida actual da função h, corrigida pelos efeitos de turno e de horas extras, será

$$K^h{}_i = W^h{}_i \sum_{ted} [\varphi^h{}_i{}^t \; \tau^h{}_i{}^t \; (1 - y^h{}_{ite}{}^d) \; x^h{}_{it} + \\ + (\varphi^h{}_i{}^t + \psi^h{}_i{}^{te}{}_d) \; \theta^h{}_i{}^{te}{}_d \; y^h{}_{ite}{}^d \; x^h{}_{it}] \tag{8.34}$$

onde a passagem do índice h de n a contravariante significa que todos os multivectores onde isso acontece se referem ao conjunto de operários presentes a desempenhar efectivamente as funções h e não, como na expressão (8.22), aos operários da especialidade h.

8.5.4 *Utilização óptima da polivalência.*

Um problema importante que aparece nas Distribuições de Pessoal é o seguinte: — Sabidos por um lado os Homens presentes e as funções para que estão habilitados e, por outro lado, o trabalho a fazer, quantos Homens de cada especialidade l se devem nomear para cada tipo de trabalho h?

Analìticamente quer isto dizer: conhecida cada uma das matrizes $\| \rho_{lj} Z_l{}^h{}_j \|$ definidas para cada valor particular de j, e um dado conjunto $K^h{}_j$, (j qualquer), que se torna necessário para cobrir o conjunto de cargas semanais correspondentes R_{hsj}, previstas para cada semana j, determinar cada uma das matrizes $\| \delta_l{}^h{}_j \|$, a j constante, que permitem obter aqueles $K^h{}_j$:

(8.35) $R_{hsj} \leqq K^h{}_j$ (n equações para cada j)

Há também que ter em conta as equações (8.29), que neste caso se escrevem

(8.36) $N_{lj} = \sum_h \delta_l{}^h{}_j Z_l{}^h{}_j$ (n equações para cada j)

Se m dos $Z_l{}^h{}_j$ forem nulos, os $\delta_l{}^h{}_j$ correspondentes deixam de ter sentido e portanto o número de variáveis reduz-se em cada semana j a $(n^2 - m)$. Elas deverão ainda satisfazer às $2\ (n^2 - m)$ desigualdades seguintes:

(8.37) $0 \leqq \delta_l{}^h{}_j \leqq 1$ [$2\ (n^2 - m)$ desigualdades para cada j]

Suponhamos que se não fazem horas extraordinárias e a constituição do turno é estável e conhecida «a priori». Teremos

t	1	2
$\alpha^h{}_j{}^t$	1,00	0,875
$\tau^h{}_j{}^t$	1,00	0,90
$x^h{}_{jt}$	$x^h{}_{st} = const.$	$1 - x^h{}_{jt}$
$y^h{}_{jte}{}^d$	0	0

Logo

(8.38) $K^h{}_j = W^h{}_j\,[x^h{}_{jt} + 0{,}875 \,.\, 0{,}90 \cdot (1 - x^h{}_{jt})] =$

(8.39) $= W^h{}_j\,(0{,}2125\ x^h{}_{jt} + 0{,}7875)$

e as condições (8.35) transformam-se em

(8.40) $R_{hj} \leqq (10{,}2\ x^h{}_{jt} + 37{,}8) \sum_i \rho_{lj}\ \delta_l{}^h{}_j\ Z_l{}^h{}_j$

O sistema de condições simultâneas (8.35), (8.36) e (8.37) só por mero acaso será determinado. As mais das vezes será indeterminado ou impossível.

Se indeterminado podemos introduzir um constrangimento: entre duas soluções possíveis é preferível a que provoca menos trocas. Ora, para desempenharem as funções h, deverão ser nomeados no final

(8.41) $\sum_{l \neq h} \rho_{li}\ \delta_l{}^h{}_i\ Z_l{}^h{}_i$

operários das outras especialidades $l \neq h$. Este somatório define o número de trocas a efectuar para obter a desejada potência de produção líquida nominal da função h.

Para que o número total de trocas seja mínimo deverá ser.

(8.42) $[\sum_h \sum_{l \neq h} \rho_{lj}\ \delta_l{}^h{}_j\ Z_l{}^h{}_j]_{min}$

É fácil deduzir uma expressão equivalente e formalmente mais simples:

(8.43)
$\sum_h \sum_{l \neq h} \rho_{lj}\ \delta_l{}^h{}_j\ Z_l{}^h{}_j = \sum_h [D^h{}_j - \rho_{hj}\ \delta_h{}^h{}_j\ Z_h{}^h{}_j] =$

(8.44) $= \sum_h D^h{}_j - \sum_h \rho_{hj}\ \delta_h{}^h{}_j\ Z_h{}^h{}_j$

E como

(8.45) $\sum_h D^h{}_j = \sum_h N_{hj} = \text{const.}$

na semana j, a condição (8.38) é equivalente a

(8.46) $[\sum_h \rho_{hj}\ \delta_h{}^h{}_j\ Z_h{}^h{}_j]_{max}$

A nossa questão está pois reduzida a um problema de máximos condicionados.

Analisemos agora as situações de impossibilidade. A mais simples resulta de ser, para uma dada especialidade h,

(8.47) $\begin{cases} R_{hsj} > K^h{}_j \\ \delta_l{}^h{}_j = 1 \end{cases}$ (l qualquer)

Todas as outras situações mais não são que generalizações desta.

Construa se a seguinte transformada da matriz $\| \delta_l{}^h{}_j \|$, a j constante:

(8.48) $\Gamma_{hsj} = | R_{hsj} - K^h{}_j |$

Nas especialidades em que

(8.49) $R_{hsj} > (10{,}2\ x^h{}_{jt} + 37{,}8) \sum_i \rho_{lj}\ \delta_l{}^h{}_j\ Z_l{}^h{}_j$

Γ_{hsj} representa o valor absoluto da carga sema-

nal que fica por satisfazer, em resultado da falta de potência. Nas especialidades em que

$$(8.50) \quad R_{hsj} < (10{,}2\, x^h_{jt} + 37{,}8) \sum_l \varrho_{lj}\, \vartheta_l{}^h{}_j\, Z_l{}^h$$

Γ_{hsj} representa o valor absoluto do desemprego que, na semana s, se prevê essas especialidades venham a ter durante a semana j. Está bem de ver que, na impossibilidade de se satisfazerem todas as condições (8.34), (8.35) e (8.36), e sem horas extraordinárias, o melhor que se pode alcançar sob o ponto da ocupação do pessoal e, simultâneamente, sob o da progressão das encomendas, é tornar

$$(8.51) \qquad [\sum_h \Gamma_{hsj}]_{min} \qquad (j = \text{const})$$

Ou seja, ainda neste caso e desde que se não façam horas extras, a melhor solução obtém-se resolvendo um problema de estacionaridade condicionada por um sistema linear.

Suponhamos conhecida tal situação. Só agora estamos em condições de escolher o melhor caminho, seja ele fazer horas extraordinárias, seja alongar o prazo de entrega de certas encomendas, seja adoptar simultâneamente ambas as medidas. Veremos mais adiante como escolher a solução mais conveniente.

9. CARGAS.

9.1. CLASSIFICAÇÃO DAS ENCOMENDAS.

Para ser satisfeita, cada encomenda exige um certo número de Hh, cuja dispersão assinalámos já ser notável. Pode contudo determinar-se com relativa facilidade a frequência de aparecimento duma encomenda cujos Hh requeridos estão entre dois valores dados. Apresenta-se na fig. 9.1 um histograma traçado para a LISNAVE, em relação a uma amostra de 450 encomendas de reparações navais, executadas em 1962 e 1963. Por ele se verifica poderem as encomendas ser classificadas em dois grupos:

.1. Encomendas pequenas, em grande número;

.2. Encomendas grandes, em pequeno número.

No caso da LISNAVE a divisão é nìtidamente marcada pelos 1000 Hh. Transformando ràpida-

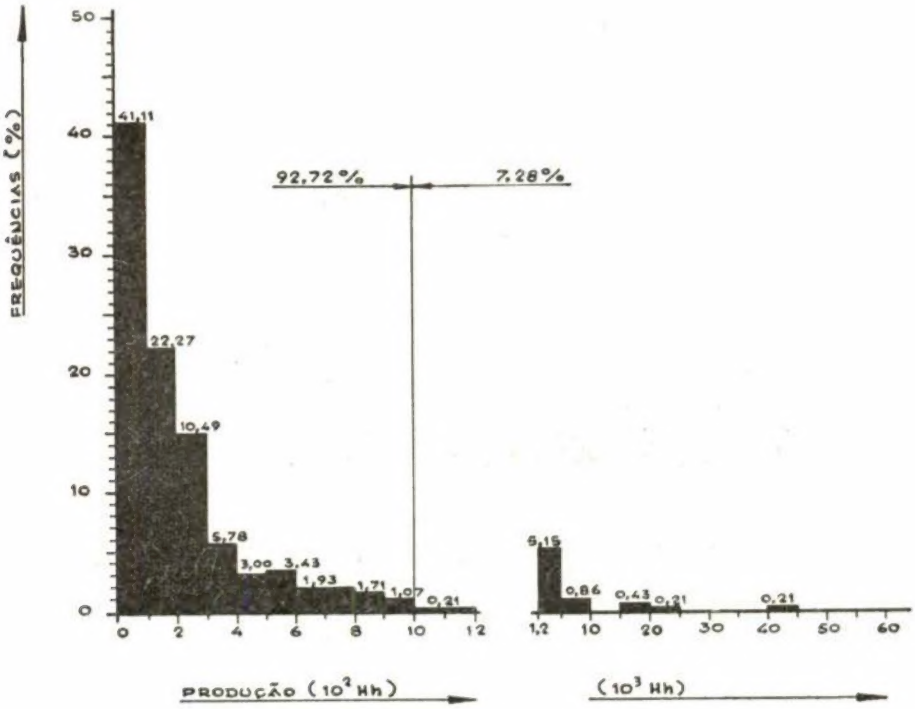


Fig. 9.1 — Frequência de aparecimento de encomendas de reparações navais em função da produção que exigem.

mente as frequências de aparecimento em Hh, por meio dos valores médios de cada intervalo, obtém-se a fig. 9.2. Conlcui-se que 26,7 % da produção corresponde a 92,7 % das encomendas feitas (1.º grupo) e que 73,3 % da produção é feita para satisfazer 7,3 % das mesmas (2.º grupo).

Deste modo é possível estabelecer na semana actual, s, duas previsões para cada semana $j \geq s$:

.1. A da carga semanal resultante das pequenas encomendas, estatìsticamente previsível, Y_{hsj};

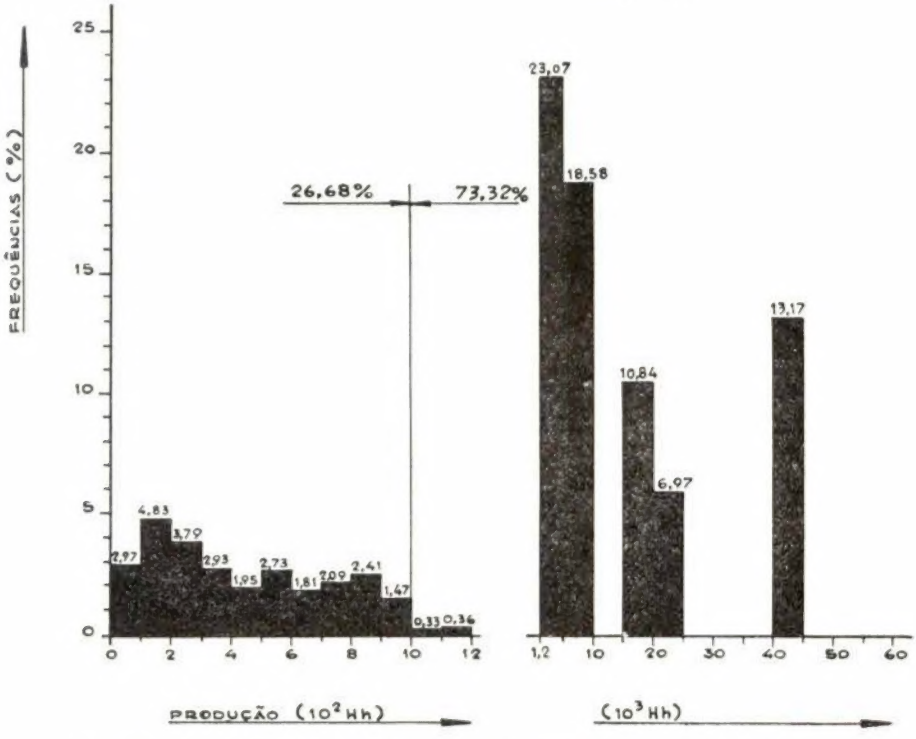


Fig. 9.2 — Percentagem da producão total correspondente a cada classe de produção considerada na fig. 9.2.

Estes números permitem desde logo considerar mais adequado para o 1.º grupo o tratamento global e para o 2.º o individual.

Uma característica curiosa e importante das encomendas pequenas é o facto de se considerarem hoje pràticamente irrecusáveis. Em primeiro lugar julga-se que os clientes não compreenderiam o estaleiro lhes não resolvesse um pequeno problema. Por outro, mesmo internamente, é difícil convencer muitas pessoas de quão perturbador é aceitar uma encomenda de 1 ou 2 Hh, quando a potência líquida da função interessada excede, por exemplo, 5000 Hh/sem.

9.2. CARGAS SEMANAIS PREVISÍVEIS ESTATÌSTICAMENTE.

As cargas semanais que resultam das pequenas encomendas são previsíveis estatìsticamente com precisão (fig. 9.3).

.2. A da carga semanal resultante das pequenas encomendas já passadas pelos clientes, X_{hsj}.

A diferença $(X_{hsj} - Y_{hsj})$ é uma carga que muito provàvelmente se confirmará com o decorrer do tempo, mas que de momento se desconhece. No modelo hidráulico corresponde a uma fracção do fluido acumulado no tanque 3, (carga provável).

Em relação a cada grande encomenda é possível fazer um raciocínio idêntico. Verifica-se com efeito, também estatìsticamente, que o trabalho inìcialmente pedido ao estaleiro, sobretudo em reparações navais, não ultrapassa correntemente 60 a 80 % do que acaba por ser feito, consoante a idade e o estado do navio a reparar. Seja

$$\Omega_{hsi}{}^{f} = \sum_{j=i}^{\infty} \Xi_{hsj}{}^{f} \tag{9.1}$$

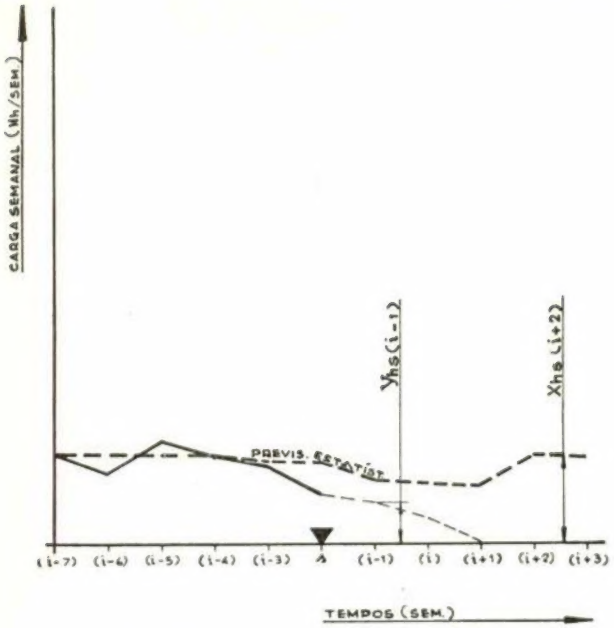


Fig. 9.3 — Carga semanal previsível estatìsticamente.

a carga absoluta que, na semana s, se prevê estatìsticamente venha a incidir na semana i sobre a especialidade h, em virtude da encomenda f. $\Xi_{hsj}{}^f$ será a carga semanal correspondente na semana j. É evidente que, em geral, teremos

$$\Omega_{hsj}{}^f \neq Q_{hsi}{}^f \tag{9.2}$$

$$\Xi_{hsj}{}^f \neq R_{hsj}{}^f \tag{9.3}$$

onde $Q_{hsi}{}^f$ e $R_{hsj}{}^f$ representam as cargas já firmemente encomendadas. A diferença

$$(\Omega_{hsi}{}^f - Q_{hsi}{}^f) \tag{9.4}$$

representa uma carga absoluta ainda não confirmada, mas que provàvelmente se virá a concretizar durante o intervalo de tempo $(i - s)$.

9.3 RELAÇÕES ENTRE CARGAS.

Representemos num único gráfico (fig. 9.4) as cargas:

.1. Absolutas firmes, Q_{hsi};
.2. Semanais firmes, R_{hsj},
.3. Semanais, resultantes de pequenas encomendas, estatìsticamente previsíveis X_{hsj};
.4. Semanais, resultantes de pequenas encomendas, já firmes Y_{hsj}.

Dum modo geral é conhecida com suficiente aproximação a parcela de Q_{hss} disponível no início da semana j. Este critério da disponibilidade é, como dissémos, o que se usa para estabelecer uma primeira partição de Q_{hss}. Qualquer que seja porém o critério que presida a tal partição, deverá ser satisfeita a expressão (3.6).

Seja $K^h{}_j$ a potência líquida corrigida pelos efeitos de turno e de horas extras que se prevê o estaleiro possa mobilizar na semana j, para executar os trabalhos solicitados à função h. Aten-

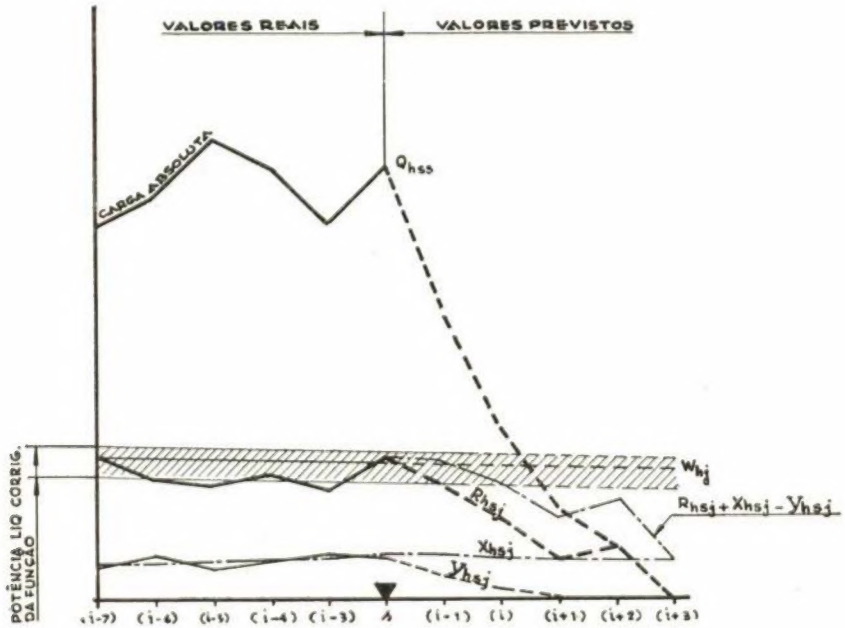


Fig. 9.4 — Evolução das cargas no tempo. À esquerda de s, realidades; à direia, previsões.

dendo ao facto das pequenas encomendas serem pràticamente irrecusáveis, é prudente reservar uma parcela daquela potência para satisfazer a carga $(X_{hsj} - Y_{hsj})$, correspondente às pequenas encomendas ainda não feitas, mas que muito provàvelmente virão a ser colocadas no estaleiro durante o intervalo de tempo que decorre da semana s à semana j. Isto corresponde a reduzir a potência disponível a

$$(9.5) \qquad K^h{}_j - (X_{hsj} - Y_{shj})$$

Uma atitude idêntica se pode tomar, «mutatis mutandis», em relação à carga provável proveniente das grandes encomendas:

$$(9.6) \qquad \sum_{(f)} [\Xi_{hsj}{}^{(f)} - R_{hsj}{}^{(f)}]$$

onde (f) significa que o somatório se estende apenas às referidas grandes encomendas. Se assim for a potência disponível reduz-se finalmente a

$$(9.7) \quad K^h{}_j - (X_{hsj} - Y_{hsj}) - \sum_{(f)} [\Xi_{hsj}{}^{(f)} - R_{hsj}{}^{(f)}]$$

A expressão (8,35) deverá pois, por efeito deste raciocínio, escrever-se mais correctamente

$$(9.8) \quad R_{hsj} \leq K^h{}_j - (X_{hsj} - Y_{hsj}) - \sum_{(f)} [\Xi_{hsj}{}^{(f)} - R_{hsj}{}^{(f)}]$$

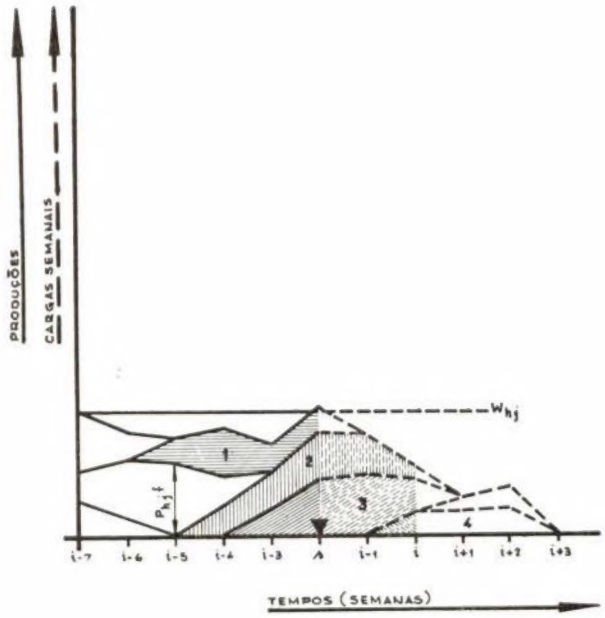
alteração que se repercute de maneira evidente em toda a análise feita até à expressão (8.51), inclusivé.

(9.4) ENCOMENDAS EM CURSO. PRODUÇÃO ARMAZENADA.

Se não houver o máximo cuidado com os trabalhos em curso, corre-se o risco de imobilização de capitais vultuosos. Consideremos na fig. 9.5 a área tracejada a contínuo. Ela representa a produção armazenada na semana s, isto é, o trabalho já realizado para as encomendas $[f]$ em curso na semana actual, s, com gasto de material e mão-de-obra. Chamemos-lhe ε_{hs}. Será

$$(9.9) \qquad \varepsilon_{hs} = \sum_{[f]} \sum_{j=i}^{j=s} P_{hj}{}^{[f]}$$

i é a semana em que se iniciou cada encomenda $[f]$.



9 5 — Produção armazenada devido a encomendas em curso.

O conceito de produção armazenada pode estender-se a uma semana $l > s$, para o que basta ter em conta as cargas semanais firmes previstas:

$$(9.10) \quad \varepsilon_{hl} = \sum_{[f]} [\sum_{=s}^{j=i} P_{hj}{}^{[f]} + \sum_{j=s+1}^{j=l} R_{hsj}{}^{[f]}]$$

$[f]$ são agora as encomendas em curso na semana l. No exemplo da fig. 9.5 a encomenda 1 contribui para o somatório da expressão (9.9), mas não para os da (9.10). Em contrapartida a encomenda 4 figura nestes últimos, mas não no primeiro.

Sejam

$$(9.11) \qquad \overline{\varepsilon}_h = \frac{\sum_{j=i}^{j=l} \varepsilon_{hj}}{l-i}$$

$$(9.12) \qquad \overline{W}_h = \frac{\sum_{j=i}^{j=l} W_{hj}}{l-i}$$

Se raciocinarmos com base nestas médias, estamos implìcitamente admitindo no modelo hidráulico da fig. 2.1 uma situação de constância de nível do depósito 7, bem como do caudal que atravessa o contador C_2 e, por conseguinte, do caudal que aflui àquele depósito. Nestas condições, uma aplicação elementar da Teoria das Bichas permite concluir que o tempo médio de